

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-334272

(43)Date of publication of application : 18.12.1998

(51)Int.Cl.

G06T 17/00
 G09C 5/00
 H04N 1/387
 H04N 7/08
 H04N 7/081
 // G06F 12/14

(21)Application number : 09-137305

(71)Applicant : IBM JAPAN LTD

(22)Date of filing : 27.05.1997

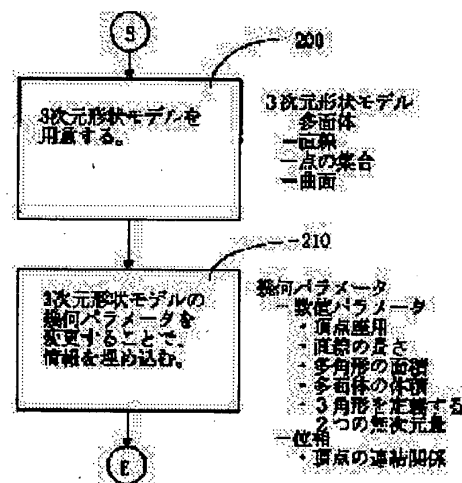
(72)Inventor : MASUDA HIROSHI
 OBUCHI RYUTARO
 AONO MASAKI

(54) INFORMATION EMBEDDING METHOD AND SYSTEM FOR THREE-DIMENSIONAL SHAPE MODEL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To embed various information into a three-dimensional shape model and also to extract these embedded information.

SOLUTION: This method changes the geometric parameters of a three-dimensional shape model to embed various information into the shape model in a visible or invisible state. The geometric parameters are equivalent to descriptions to define a geometric shape. The three-dimensional shape model usually consists of the polyhedrons, straight lines, a set of points or curved surfaces, i.e., its primitives (component elements), and each primitive is defined by a geometric parameter. Thereby, a three-dimensional shape model is defined by a set of many geometric parameters in regard to its entire geographic shape. The information is embedded in this system by changing the geometric parameters of plural primitives forming a three-dimensional shape model. Meanwhile, the geometric parameters are divided into numeric parameters and phases and varied for embedding the information. Then the varied geographic parameters are detected for extraction of the embedded information.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

21.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3199231

[Date of registration] 15.06.2001

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] a means to be the system which embeds information to a three-dimension geometric model, and to prepare (1) three-dimension geometric model, and (2) -- an information embedding system to a three-dimension geometric model characterized by providing a means which embeds said information to said three-dimension geometric model by changing a geometric parameter of said three-dimension geometric model.

[Claim 2] a means to by_which a means to by_which said three-dimension geometric model consists of two or more primitives, and embeds said information searches for an initiation primitive for setting (3) primitives in order, and (4) -- a means which attaches sequence to a set of said primitive, and (5) -- the system of claim 1 which chooses a primitive according to said sequence and is characterized by to provide a means change a geometric parameter of this primitive corresponding to said information.

[Claim 3] A system according to claim 2 said whose primitive is a set of a polyhedron, a straight line, and a point, or a curved surface.

[Claim 4] A system according to claim 3 which is the combination of whether said information is a symbol corresponding to specific language or it is a pattern showing said information, said symbol, or said pattern.

[Claim 5] A system according to claim 4 said whose geometric parameter is a numeric parameter.

[Claim 6] A system according to claim 5 said whose numeric parameter is a top-most-vertices coordinate value, the linear length, a polygonal area, volume of a polyhedron, or the two amounts of non-dimensions that define three square shapes.

[Claim 7] a system according to claim 5 said whose numeric parameter is a ratio between a top-most-vertices coordinate value, the linear length, a polygonal area, volume of a polyhedron, or two each of amount of non-dimensions ** that define three square shapes.

[Claim 8] A system according to claim 4 said whose geometric parameter is a phase.

[Claim 9] A system according to claim 8 said whose phase is a phase which defines connection relation of top-most vertices.

[Claim 10] A system according to claim 4 said whose geometric parameter is the combination of a numeric parameter and a phase.

[Claim 11] a step which is the method of embedding information to a three-dimension geometric model, and prepares (1) three-dimension geometric model, and (2) -- an information embedding method to a

three-dimension geometric model characterized by having a step which embeds said information to said three-dimension geometric model by changing a geometric parameter of said three-dimension geometric model.

[Claim 12] the step which a step where said three-dimension geometric model consists of two or more primitives, and embeds said information searches for an initiation primitive for setting (3) primitives in order, and (4) -- the step which attaches sequence to a set of said primitive, and (5) -- the method according to claim 11 which chooses a primitive according to said sequence and is characterized by to have a step which changes a geometric parameter of this primitive corresponding to said information.

[Claim 13] A way according to claim 12 said primitive is a set of a polyhedron, a straight line, and a point, or a curved surface.

[Claim 14] A method according to claim 13 of being the combination of whether said information is a symbol corresponding to specific language or it is a pattern showing said information, said symbol, or said pattern.

[Claim 15] A way according to claim 14 said geometric parameter is a numeric parameter.

[Claim 16] A way according to claim 15 said numeric parameter is a top-most-vertices coordinate value, the linear length, a polygonal area, volume of a polyhedron, or the two amounts of non-dimensions that define three square shapes.

[Claim 17] a way according to claim 15 said numeric parameter is a ratio between a top-most-vertices coordinate value, the linear length, a polygonal area, volume of a polyhedron, or two each of amount of non-dimensions ** that define three square shapes.

[Claim 18] A way according to claim 14 said geometric parameter is a phase.

[Claim 19] A way according to claim 18 said phase is a phase which defines connection relation of top-most vertices.

[Claim 20] A way according to claim 14 said geometric parameter is the combination of a numeric parameter and a phase.

[Claim 21] a system which extracts information embedded to a three-dimension geometric model -- it is -- (1) -- a means prepare a three-dimension geometric model where said information was embedded, and (2) -- a system which extracts information embedded to a three-dimension geometric model characterized by providing a means to extract said information from said three-dimension geometric model by detecting a geometric parameter of said three-dimension geometric model.

[Claim 22] a means to by_which a means to by_which said three-dimension geometric model consists of two or more primitives, and extracts said information searches for an initiation primitive for setting (3) primitives in order, and (4) -- a means which attaches sequence to a set of said primitive, and (5) -- a system according to claim 21 which chooses a primitive according to said sequence and is characterized by to provide a means extract said information, from a geometric parameter of this primitive.

[Claim 23] a method of extracting information embedded to a three-dimension geometric model -- it is -- (1) -- a step which prepares a three-dimension geometric model where said information was embedded, and (2) -- a method of extracting information embedded to a three-dimension geometric model characterized by having a step which extracts said information from said three-dimension geometric model by detecting a geometric parameter of said three-dimension geometric model.

[Claim 24] a step which a step from which said three-dimension geometric model consists of two or more primitives, and extracts said information searches for an initiation primitive for setting (3) primitives in

order, and (4) -- the step which attaches sequence to a set of said primitive, and (5) -- the method according to claim 23 which chooses a primitive according to said sequence and is characterized by to have a step which extracts said information from a geometric parameter of this primitive.

[Claim 25] a function in which is data medium including a program for making a computer information embedding to a three-dimension geometric model, and this program prepares (1) three-dimension geometric model, and (2) -- data medium including a program characterized by having a function which embeds said information to said three-dimension geometric model by changing a geometric parameter of said three-dimension geometric model.

[Claim 26] data medium including a program for making information embedded to a computer to a three-dimension geometric model extract -- it is -- this program -- (1) -- a function which prepares a three-dimension geometric model where said information was embedded, and (2) -- data medium including a program characterized by to have a function extract said information from said three-dimension geometric model by detecting a geometric parameter of said three-dimension geometric model.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This application is invention about the method of embedding the information on ownership or others (for example, the date and time of creation, an implementer, a version, etc.) into the three-dimension configuration data which consists of polyhedrons especially about the data hiding method which embeds information to a three-dimension geometric model, a system, and data medium including a program.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the example which offers an image and voice in digital one is increasing like the Electronic Library on the Internet, since a duplicate is easy, the demand which embeds ownership information and accounting information to these arises, and research of the method is activating such information. the padding of such information -- information embedding (information embedding) and information hiding (information hiding) -- spacing -- attaching -- (watermarking) etc. -- it is called.

[0003] In case 3 square-shape mesh model exchanges 3D data on the Internet, it is an expression means of a three-dimension configuration used. [most] Recently, 3D data can be displayed now by the browser of each company, and use of such 3D data will be considered to increase quickly from now on. In connection with it, it has been a problem how ownership information and the incidental information on other (for example, the date and time of creation, an implementer, a version, etc.) are attached to 3D data in the case of distribution of such 3D data.

[0004] In creation of 3D data Like the case of a photograph or pictures, many time amount and esthetic sense were often needed, costs also started, and it is materialized as business in itself. With such data, it is [0005] in the file of former and 3D data. Copyright (c) by IBM Japan, Ltd. 1996 IBM Japan, Ltd. has been authorized to freely distribute these Datasets. They are provided for unlimited use in existing or modified form. The actual Dataset (ie, geometry) may not, however, be resold in existing or modified form.

[0006] ** -- copyright information [like] is embedded as a text comment. However, such a copyright notice method is defenseless to the malicious alteration by the 3rd person. It is because copyright information will disappear if it is made to be the following, or it becomes an invalid.

[0007] First, the information written to the file as a text can be easily erased by text editing. Although the contents will not be read even if it enciphers a text comment by PGP or the DES method, it is easy to remove the enciphered information itself like the case where it does not encipher, and it cannot protect

copyright notice safely.

[0008] Moreover, generally, if file format conversion is performed, the copyright information in source data is not saved. For example, when the format conversion program from the source data of a certain 3D to object format is used for a three-dimension geometric model including the above-mentioned comment, the comment which asserts copyright is lost after conversion and it is # Fri Jul 14 12:44:19 1997## Object converted by XXX-to-obj# [0009] to instead of. ** -- a character string [like] only remains.

[0010] In actuation to a three-dimension geometric model, the editing operation of models, such as coordinate transformation, such as migration to the very thing of a model, rotation, and a scaling, or cutoff of some models, partial deformation, can be considered as important actuation besides the actuation to an external expression like file format conversion. Such editing operation is necessities in many cases, when actually using a certain model. The case where current and surreptitious use of the three-dimension geometric model which has copyright notice although it is not actually an onerous three-dimension geometric model and onerous become a problem has also begun to appear. The effective method of putting ownership information, such as a signature of an owner and an implementer, into the model itself does not exist to such surreptitious use for now.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Therefore, the technical problem which this invention tends to solve is embedding various information and extracting a thing and this information by modification of not only visible invisibility but this model itself, safely, at a point, a line, and the three-dimension geometric model expressed by the set of a polyhedron. As the purpose of using here various information embedding, record of the check and confidential information of inhibition and the unauthorized copy of inhibition, date-and-time-of-creation management, the stock control, and the unauthorized copy of the check and gratis reception of the check and reception person of the authentication and owner of implementer etc. is raised. Furthermore, it is extracting the information embedded to the above-mentioned three-dimension geometric model with a sufficient precision.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In this invention, in order to solve the above-mentioned technical problem, a method of embedding various information in the visible or invisible condition to said three-dimension geometric model is taken by changing a geometric parameter of a three-dimension geometric model. It is equivalent to description for defining a geometric configuration as a geometric parameter here. A three-dimension geometric model consists of a set of a polyhedron and a straight line which are usually the primitive (component), and a point, or a curved surface. Moreover, each primitive is defined by geometric parameter. Therefore, as for a three-dimension geometric model, a geometric configuration of the whole is defined by set of many geometric parameters. In this invention, information is embedded by changing a geometric parameter of two or more primitives which constitute a three-dimension geometric model. Moreover, in this application, a geometric parameter is divided into a numeric parameter and a phase, and a method of changing each and embedding information is offered. A numeric parameter is a top-most-vertices coordinate value, the linear length, a polygonal area, volume of a polyhedron, or the two amounts of non-dimensions that define three square shapes here, and information is embedded by changing these values. As a numeric parameter, a ratio between [each] these top-most-vertices coordinate value, the linear length, a polygonal area, volume of a polyhedron, or the two amounts of non-dimensions that define three square shapes may be adopted. Information is

embedded by changing these. On the contrary, an extract takes out embedded information by detecting a geometric parameter by which a change was made [above-mentioned]. Moreover, information is embedded by changing a phase which defines connection relation of top-most vertices etc. as a phase (topology). Since modification of the above-mentioned numeric parameter and modification of a phase are mutually-independent, an important thing is the point which can embed information with those combination here. A polyhedron model and a curved surface model point out the following surface models into this application specification.

- Polyhedron model : a polyhedron, a straight line, and a model that consists of a set of a point. (When top-most vertices have connectivity, both sides when not having are included.)

- Curved surface model : a model which also includes a curved surface in addition to a set of a polyhedron, a straight line, and a point.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of this invention is explained with reference to a drawing. Reference of drawing 13 shows general-view drawing showing one example of the hardware configuration of the system used in this invention. The system 100 contains a central processing unit (CPU) 1 and memory 4. CPU1 and memory 4 have connected the hard disk drive unit 13 as an auxiliary storage unit through the bus 2. The floppy disk drive unit (or storage driving gears, such as MO and CD-ROM) 20 is connected to the bus 2 through the floppy disk controller 19.

[0014] A floppy disk (or storages, such as MO and CD-ROM) is inserted in a floppy disk drive unit (or storage driving gears, such as MO and CD-ROM) 20, it can collaborate with an operating system, an instruction can be given to CPU etc., the code of the computer program for carrying out this invention can be recorded on this floppy disk etc. and hard disk drive unit 13, and ROM14, and it performs by being loaded to memory 4. The code of this computer program can be compressed, or can be divided into plurality, and can also be recorded on two or more data medium.

[0015] Further, a system 100 can be equipped with user interface hardware, and can have the pointing devices (the mouse, joy stick, etc.) 7 or keyboard 6 for inputting, and the display 12 for showing a user vision data. Moreover, it is possible to connect a printer through a parallel port 16 or to connect a modem through a serial port 15. It connects with a network through a serial port 15 and a modem, or a communication adapter 18 (Ethernet and token ring card), and this system 100 can perform a communication link with other computers etc.

[0016] A loudspeaker 23 receives the sound signal carried out by carrying out D/A (digital to analog) conversion by the audio controller 21 through amplifier 22, and outputs it as voice. Moreover, the audio controller 21 carries out A/D (analog to digital) conversion of the speech information received from the microphone 24, and makes it possible to be crowded for a system in the speech information of the system exterior.

[0017] Thus, the system of this invention could understand easily that it can carry out with the communication terminals containing various home electronics, such as television having the usual personal computer (PC), a workstation, Notebook PC, a palm top PC and a network computer, and a computer, the game machine which has communication facility, a telephone, FAX, a cellular phone, PHS, an electronic notebook, etc. which *****, or these combination. However, these components are not instantiation and all those components do not turn into an indispensable component of this invention.

[0018] It is developed in VRAM9 and the three-dimension geometric model memorized in the external

storage in HDD13, HDD30, MO28, and CD-ROM26 etc. or main memory 4 is expressed by the display 12. Image application memorized in main memory 4 is performed by Main CPU 1. The three-dimension geometric model displayed on the display 12 by this image application can be edited in the mouse 7 grade which is a keyboard 6 or a pointing device.

[0019] You may load the information to embed in main memory 4 from external storage, or may also incorporate it in main memory 4 via the communication adapter card 18, and a user may do a direct input using a keyboard 6 or a pointing device. Corresponding to this information, this information is embedded by changing the geometric parameter of the three-dimension geometric model in main memory 4. here -- being careful -- I hear that it is equivalent to embedding information to change the geometric parameter of a three-dimension geometric model, and there is. That is, the invention in this application is changing the geometric parameter for forming a three-dimension geometric model itself unlike technology, such as texture mapping which draws alphabetic information etc. on a three-dimension geometric model, or sticks it, and is technology which embeds the information on desired.

[0020] Therefore, the difference in the geometric parameter of an original three-dimension geometric model and the three-dimension geometric model where information was embedded expresses the embedded information. On the contrary, an extract takes out the embedded information by detecting the changed geometric parameter.

[0021] With the gestalt of operation of this invention, two or more technique with the feature from which versatility differed is divided into the technique to A. Embed and the overall flow of B. example using it, and C. pad extract, and is indicated in details according to the following tables of contents. However, please care about that modification of the geometric parameter of this three-dimension geometric model is equivalent to the pad of various information as it is.

[0022] A. technique A.1 to embed Configuration A.2 The two technique A.2 of information embedding The technique A.2.1 of symbol train embedding The symbol embedding technique A.2.1.1 Symbol embedding method A.2.1.2 by coordinate value modification Symbol embedding method A.2.2 by phase modification Sequencing A.2.2.1 between primitives Method A.2.2.2 of introducing sequence The locality A.2.3 of sequence technique A.2.3.1 on strong disposition On [A.2.3.2] the strong disposition over global conversion On [A.2.3.3] the strong disposition over random disturbance On [A.2.3.4] the strong disposition over cutoff or partial deformation The technique A.3.1 of the strong disposition top A.3 pattern embedding to information decode A phase and a coordinate value Technique B. to change Example B.1 Embedding B.1.1 to an external expression Symbol train embedding B.1.1 Embedding method B.2 to 3 square shape top-most-vertices sequence in a file Embedding B.2.1 to internal representation Symbol train embedding B.2.1.1 The embedding method B.2.1.2 to the amount of non-dimensions of 3 square shape The embedding B.2.1.3 to the top-most-vertices coordinate of 3 square shape The embedding B.2.1.4 to the volume ratio of tetrahedron Embedding B.2.2 to the set of top-most vertices Pattern embedding B.2.2.1 Embedding B.2.2.2 to the DERAUNEI nature success or failure of a mesh Overall flow C.1 of the embedding C. pad to mesh division thin degree, and an extract The embedded flow C.2 The flow of extract [0023] A. Technique A.1 to embed Configuration this invention aims at embedding a certain information at the three-dimension geometric model which consists of the set of the element with which they had connectivity and were connected with a point, a line, or three square shapes. In order to attain this, the method of embedding said information in the visible or invisible condition to said three-dimension geometric model is taken by changing the numeric parameter or phase which is the

geometric parameter of a three-dimension geometric model. Information is embedded by a numeric parameter's mainly pointing out a coordinate value and changing the coordinate value which the component of a three-dimension geometric model has. Moreover, a phase points out a number, its connection relation, etc. of top-most vertices, and information is embedded by changing this. Conversely, when extracting the information embedded to the three-dimension geometric model, said information is extracted from said three-dimension geometric model by preparing the three-dimension geometric model where information was embedded, and detecting the geometric parameter (a numeric parameter or phase) with which said three-dimension geometric model was changed.

[0024] The information embedding (embedding) actuation and information extract (disembedding) actuation to a three-dimension polyhedron model of this invention are notionally illustrated to drawing 1. Drawing 1 (a) expresses information pad actuation in case an input is the polyhedron model G, drawing 1 (b) expresses information pad actuation in case an input is the curved surface model C, and drawing 1 (c) expresses actuation of extracting information from the three-dimension polyhedron model (G', Cg') with which information was embedded. As shown in drawing 1 (a) and (b), as an input, both the polyhedron model G (when top-most vertices have connectivity, the both sides when not having are included.), and the curved surface model C are received. The object which embeds in any case is a three-dimension polyhedron model.

[0025] Since polygon (for example, three square shapes) mesh division (refer to drawing 1 (b)) is performed to information embedding processing and coincidence when an input is the curved surface model C, generally the flexibility of the technique to embed becomes high. In the case of the polyhedron model G, between an input and an output, the number of top-most vertices may change, or may not change by the technique used for information embedding.

[0026] The outline of information embedding and an information extract is shown in drawing 14 and drawing 15. A three-dimension geometric model is prepared in step 200 of drawing 14. A three-dimension geometric model consists of Sets P or the curved surfaces C of a polyhedron G, a straight line L, and a point. Next, the geometric parameter of said three-dimension geometric model is changed at step 210. There are a numeric parameter and a phase in a geometric parameter, and a numeric parameter is materialized by a top-most-vertices coordinate value, the linear length, a polygonal area, the volume of a polyhedron, or the two amounts of non-dimensions that define three square shapes. A phase is materialized by the phase which defines the connection relation of top-most vertices. Information I is embedded by changing the numeric parameter or phase which is these three-dimensions geometry parameter. An information extract prepares the three-dimension geometric model where Information I was first embedded in step 300 of drawing 15. The geometric parameter changed from the geometric parameter of an original three-dimension geometric model at step 310 is detected. By detecting the geometric parameter (a numeric parameter or phase) with which said three-dimension geometric model was changed at this step 310, said information I is extracted from said three-dimension geometric model. In addition, please refer to subsequent publications about still more detailed explanation of the above-mentioned step 210 and step 310.

[0027] A.2 Technique to embed information on two technique this application specifications of information embedding (1) Symbol train embedding and (2) It classifies into two of pattern embedding. The embedding to 3 square-shape polyhedron model of the information by symbol train embedding is the embedding of the language L expressing information. Here, L is generated by Syntax G from Alphabet A.

constituting the alphabet -- case $A = \{0, 1\}$ of the finite set of at least two or more independent symbols, for example, a binary number, -- it comes out. Since it is the train with sequence of a symbol, in order to express L , in a certain form, express and embed and, as for the element of L , all the symbols of 1. alphabet should be made.

2. -- even -- the sequence between the above symbols can be expressed.

** -- it is required. An information embedding method is specified by how these two are realized. A symbol and its sequence are embedded at the redundancy which exists in a model. Here, redundancy is "a certain amount which has optionality in the range which does not affect it to the purpose of use." The embedding to the polyhedron model of the information by pattern embedding is embedded without encoding a certain pattern expressing information in a symbol train. It is actuation as if it pushed the stamp of the pattern (for example, family crest) in a geometric model. Although the pattern embedded may be a character string like "IBM", the sequence between the alphabetic characters in this case exists tacitly, and is embedded as one pattern to the last as embedding processing.

[0028] Generally symbol embedding is an invisibility embedding method in many cases. In contrast, pattern embedding has the feature (for example, it sees by wire frame display) which itself can visualize comparatively easily.

[0029] A.2 The technique A.2.1 of symbol train embedding The symbol embedding technique symbol is a lump expressing information, for example, 1 etc. bit of one character of the alphabet or a binary etc. can be considered. The technique classified into the following two according to this application as a method of embedding a symbol is proposed.

[0030] - The embedding method by coordinate value modification : change the top-most-vertices coordinate of a polyhedron model. Information changes and embeds the two amounts of non-dimensions which define the top-most-vertices coordinate itself, the linear length, a polygonal area, the volume of a polyhedron, each ratio, a double ratio, or three square shapes.

- The embedding method by phase modification : embed information by changing the phase which defines the connection relation of top-most vertices. A polygon mesh is generated (when carrying out based on a curved surface), or it recuts (when carrying out based on a polyhedron model), and also when the number, coordinate, and phase of top-most vertices are changed and information can be induced, it contains.

[0031] A.2.1.1 Embed into change of the various amounts generated by changing only the coordinate value which is the numeric parameter of the symbol embedding method three-dimension geometric model by coordinate value modification. The number or its connection relation of top-most vertices are not changed. There is some base quantity of a numeric parameter which receives effect by it being set as the embedded object and changing a coordinate. The base quantity used by this application is enumerated below.

- Base quantity - Coordinate value of a point.
- The linear length.
- Polygonal area.
- Volume of a polyhedron.

Moreover, the following is used as an amount made combining base quantity.

- Amount - which changes by all the following conversion Amount - eternal to the coordinate and parallel displacement of a point, and rotation Linear length - Polygonal area - Volume - of a polyhedron The success or failure and the parallel displacement of Delaunay conditions, rotation, and amount - eternal to

a uniform scaling The two amounts of non-dimensions which define three square shapes [****] (example: two angles of a base)

- the ratio of the area of two polygons - AFAIN conversion -- eternal - the ratio of same straight line-like length - the ratio of the area of the polygon on two parallel planes - the ratio of tetrahedral volume - projective-transformation invariant - Double ratio (cross-ratio) of four points on a straight line

Here, similarity transformation means the combination of each conversion of rotation, a parallel displacement, and a scaling. Base quantity changes by similarity transformation, AFAIN conversion, and all the projective transformation. In AFAIN conversion, projective transformation includes AFAIN conversion including similarity transformation. Therefore, it is such more general conversion that it is downward among conversion of the four above-mentioned large items. The success or failure of DERAUNEI (Delaunay) conditions is the method of making it corresponding to the two alphabet whether three square shapes each of a mesh fulfill DERAUNEI conditions.

[0032] - Conversion permanence and embedded solidity : if it embeds using an eternal amount to conversion of a certain kind, it will become strong to the disturbance by conversion of the kind. In order to raise the solidity over conversion of a certain kind, after presuming one more added conversion T correctly and applying inverse transformation T^{-1} to a top-most-vertices coordinate value, there is also a method of extracting information. For example, in case a three-dimension geometric model is used actually, AFAIN conversion is hung in many cases. What is necessary is just to perform it as follows, in order to carry out strong embedding to AFAIN conversion.

(1) Use the ratio of tetrahedral volume.

(2) Presume the conversion hung by a certain method, and extract information after erasing the effect of conversion, applying inverse transformation.

These two ways are explained in the concrete technique of the information embedding described later.

[0033] - The embedding method of a symbol : in order to embed a symbol in the above-mentioned amount, see from the purpose of use in a certain amount, and change and embed a redundant portion. It rewrites to the value of a symbol to embed most simply the least significant bit of an amount some which does not affect the appearance of a model. Of course, since it is few, that the whole information to embed generally goes into one symbol makes the symbol train which summarized two or more symbols and attached sequence, and it embeds information. The technique of sequencing of a symbol is described later.

[0034] - Strong-izing of the symbol embedding by the peak shift : although this symbol embedding method using the lowest bit is easy to mount, it is not strong to the simple and effective destructive procedure of superposition of the random-digits value to a top-most-vertices coordinate. Information will be destroyed if the magnitude of the random-digits value superimposed if embedding with a least significant of several bits is used serves as the several bits least significant more than comparable. When the input of information embedding processing is the field stretched in 3 square-shape mesh with connectivity or is defined by the curved surface, there is the technique of raising solidity to the destructive procedure by superposition of a random-digits value. In order to raise solidity, the curvature of the field near each top-most vertices is got to know, and top-most vertices are shifted in the smallest curvature direction in the location of top-most vertices. If it carries out like this, even if it moves a top-most-vertices coordinate comparatively greatly, the effect which it has on the appearance of a model can be stopped small. The curvature near each top-most vertices can be correctly calculated, when the input is defined by the curved surface, and also in the case of the field where the input was defined by the polygon mesh, it can be

presumed in approximation.

[0035] In addition, the embedding method by modification of only a top-most-vertices coordinate bears the disturbance which changes only topology, when not using connection relation of top-most vertices for sequencing of a symbol. For example, even if it changes into the set of three square shapes independent of indexed face set which shares top-most vertices, embedding information is saved unless a coordinate value changes.

[0036] A.2.1.2 Embed information by changing the connection relation of top-most vertices by the embedding method by phase modification of the symbol embedding method three-dimension geometric model by phase modification.

[0037] · 4 square-shape split plot experiment : how to make a symbol correspond in the case of [which divides four square shapes into drawing 2 at two square shapes / three] two, and embed information in the case of is shown. There are two kinds, drawing 2 (b) and (c), as a method of dividing four square shapes of drawing 2 (a) into two square shapes [three]. A binary pad becomes possible by making these correspond to two different symbols. When dividing one polygon mesh into the mesh of a multipolygon, the alphabet is made to correspond in drawing 2 in some possible cases. For example, when dividing one 4 square-shape mesh into two 3 square-shape mesh, the two alphabet (for example, {1 0} of a binary system) is made to correspond in two possible cases (drawing 2 and drawing 3 (a)). By this method, the actuation itself which embeds a symbol does not change the number of top-most vertices, and it does not change a top-most-vertices coordinate value, either. However, when embedding before the symbol embedding by phase modification as part of information embedding processing after re-MESSHINGU [the polyhedron model of an input] (for example, the amount of information which makes a mesh fine, buries it and puts it is increased), it thinks. Moreover, to consider a curved surface as an input, naturally Messing is required beforehand.

[0038] · The mesh thin degree changing method : the example which embedded the symbol train at drawing 3 at a mesh is shown. Drawing 3 (a) is an example of a symbol pad using two cases which divides four square shapes into two square shapes [three]. Drawing 3 (b) It is the example which changed the thin degree of a mesh and embedded the symbol train. In drawing 3 , the fineness of a mesh is changed locally and information is embedded. In considering a polyhedron model as an input, if required, top-most vertices will be added and it will change the fineness of a mesh. In considering a curved surface model as an input, in case it carries out mesh division of the curved surface, mesh thin degree is changed and information is embedded. What is necessary is to set two or more mesh thin degree to informational encoding, and just to make it correspond to the alphabet. In addition, there is the method of embedding two symbols by into how many 4 square-shape mesh is divided (thin degree modification of a mesh).

[0039] A.2.2 sequencing between primitives -- in order to embed a practical quantity of information, it is important to encode information (data) by the whole set of the primitive to which the set of the primitive for embedding was considered, it set in order between the element, and sequence was attached. The technique of embedding and embedding information at the set of a primitive to which sequence was attached once as mentioned above can be classified into two kinds, symbol train embedding and pattern embedding. In symbol train embedding, symbols, such as the English alphabet of one character and a numeric character (1 and 0) of each digit of a binary number, are made to correspond to each embedding primitive, and the symbol string which sequence attached as a whole is embedded. Although many of arrangement of a primitive is 1-dimensional sequence, there may also be sequence more than

two-dimensional. It embeds at the embedding primitive set to which many attached two-dimensional sequence for the pattern which people can recognize visually if pattern embedding visualizes. In order to give sequence, (1) initiation primitive is decided, and it is necessary to decide sequence between the other primitives starting with (2) initiation primitive. The technique of sequencing of a primitive can be classified into two, phase-sequencing and quantitative sequencing, according to the method of introducing sequence. Moreover, it roughly divides and can classify into two, global sequencing and local ordering attachment, according to the locality of sequence.

[0040] A.2.2.1 The following two methods can be considered to introduce sequence into the set of primitives, such as the introducing method point of sequence, and three square shapes.

- phase-sequencing (Topological ordering): -- this method -- 3 square-shape polyhedron model -- an input -- carrying out -- a top-most-vertices set -- or -- and set in order symbol embedding units, such as three square shapes and a tetrahedron, using the connectivity of three square shapes to derive or a tetrahedron. for example, expansion Thurs. (spanning tree) by which the set of the top-most vertices of a manifold in which sense attachment is possible (orientable) makes a certain top-most vertices the starting point and which becomes settled in 1 mind -- a wrap -- things are made. [0041] which can introduce sequence into a top-most-vertices set by traversing this expansion tree in a suitable procedure (for example, traverse of a depth first) The big weak spot of phase-sequencing is a point that the phase needs to exist in the top-most-vertices set. For example, if it remains as it is for the set of the point which does not have connection relation mutually, or three square shapes, it is inapplicable to it. In order to apply to the set of a point without connectivity, it is necessary to introduce a phase using DERAUNEI try ANGYURESHON (Delaunay triangulation).

- Quantitative sequencing (Quantitative ordering) : by this method, paying attention to the amount itself, such as the linear length, area of three square shapes, tetrahedral volume, or magnitude of the ratio between each, carry out sorting of these amounts and attach a total order. What is necessary is for an existing [two or more same values] case to shake a value, and to break a tie, or to disregard a tying object, and just to make it move from it to a thing large (small) next. Quantitative sequencing cannot necessarily assume existence of a phase, for example, the set (only the phase which summarizes top-most vertices in three square shapes presupposes that it exists) of three mutually-independent square shapes can also introduce sequence due to the size area of three square shapes. Of course, the set of a point needs to be given, when a symbol embedding unit is a tetrahedron, it is necessary to introduce a phase combining top-most vertices by DERAUNEI try ANGYURESHON etc., and it is necessary to make a tetrahedral set.

[0042] A.2.2.2 The technique of locality sequencing of sequence can be classified into three of global sequencing, local sequencing, and suffix sequencing from the locality.

- Global sequencing : set in order all the embedding primitives contained in one embedding object. Generally, although the space use effectiveness of this technique is high compared with other two technique, there is a weak spot which sequence is easy to be destroyed.

- Local sequencing : divide into two or more independent subsets the embedding primitive contained in one embedding object, and attach sequence within each subset. Each subset is made based on the nearness between embedding primitives (for example, Euclid spatial nearness).

- Suffix sequencing : the subset is very small although it is similar to local sequencing (for example, number primitive degree). This subset is called a macro embedding primitive (macro embedding primitive). It is the symbol and pair which encode information (data) in a macro embedding primitive,

and the suffix which shows the sequence of the symbol is also embedded at coincidence. The set of a symbol is set in order by this suffix.

As measure near the latter 2 technique, phase any [being quantitative (for example, the value and Euclidean distance of a ratio of area)] (for example, contiguity of the top-most vertices in 3 square-shape mesh) may be used.

[0043] A.2.3 In technique this section on a strong disposition, embed and propose technique effective in the improvement in robustness to informational destruction. First, it is used combining two or more technique the character of solidity differs mutually on the whole, or the technique of raising solidity, and compensating a mutual defect is raised. In addition, there is the following technique.

[0044] A.2.3.1 As the technique of raising solidity to the strong disposition top global-area conversion (conversion starting the whole world coordinate equally) to global conversion, it is (1). It is (2) to conversion, using an eternal amount (for example, when assuming AFAIN conversion, the volume ratio of an eternal amount, for example, two tetrahedrons, is used for AFAIN conversion). There are two of **s which presume conversion and hang inverse transformation. In order to raise solidity to local transformation, it is repeatedly [of the embedding which is the technique on the strong disposition over the cutoff described later] effective.

[0045] A.2.3.2 What is necessary is just to change a coordinate into raising the robustness over a calculation error, an expression error, or the disturbance by **** of a random value a lot in the method of changing the strong disposition top top-most-vertices coordinate over random disturbance, and embedding information. However, if a coordinate is merely shaken in the random direction with the big amplitude, the model itself will change.

[0046] - : which restrains a top-most-vertices coordinate in a curved surface -- when a curved surface model is considered as an input and embedding processing and mesh division processing can be performed to coincidence, movement magnitude of top-most vertices can be enlarged, without hardly changing the appearance of the polyhedron model outputted by restraining migration of a top-most-vertices coordinate in the original curved surface. From the first, in mesh division of a curved surface, where top-most vertices are generated has high optionality. Information is embedded using this optionality well.

- : which moves top-most vertices in the minimum curvature direction of a field -- the tangential plane of the top-most vertices observed in order to take the large amplitude which shakes a coordinate and not to change the appearance of a model -- thinking -- the inside of the tangential plane -- and it is effective to move top-most vertices in the direction where curvature is small. It is more advantageous to be specified with the model with which the input of information embedding includes a curved surface, and to perform conversion to a polyhedron from a curved surface and informational embedding to coincidence as part of information embedding processing, in order to ask for the small location and small sense of curvature. When an input is a polyhedron model, some top-most vertices near the top-most vertices are seen, and the curvature near the given top-most vertices is presumed.

- A normal vector is changed, in : (it applies to technique to which top-most-vertices coordinate is moved) polyhedron model to which top-most vertices are moved, a top-most-vertices normal vector is attached to a model, and smooth-shading processing is performed so that there may be nothing, and it is going to display smoothly the portion which is a curved surface originally which was approximated with the polyhedron as if it was a curved surface. In this case, the appearance of the model after smooth shading is

dependent not only on the location of a top-most-vertices coordinate but (more than it sometimes curves) a top-most-vertices normal vector. Therefore, if the top-most-vertices normal vector sticks so that it may be visible to the original curved surface closely, a top-most-vertices coordinate can be moved with the big amplitude, without hardly changing appearance.

[0047] If such three technique is combined, the debasement of the model obtained as a result of disturbance (for example, superposition of a random-digits value) to erase embedding information will become larger. Especially when carrying out based on a curved surface, generating a mesh and applying the upper technique group, it leads to the check of stronger surreptitious use. Since this can use the information on the curved surface which became origin in the side used by stealth and there is, it is because it is very difficult to add disturbance (for example, for disturbance to be concentrated in the direction of curvature min of a field) with regularity which does not cause the debasement of a model, and to destroy information. [no] Supposing the input of an information embedding processing program is a curved surface, the procedure of the embedding at the time of combining these three technique is as follows. Conventionally, generally, in order to change a curved surface into a polyhedron model with a top-most-vertices normal vector, it divides into a mesh first and the normal of each top-most vertices is calculated. In this invention, when performing information embedding, this procedure is changed as follows.

(1) Divide into a mesh.

(2) Change a top-most-vertices coordinate for information embedding. At this time, it is -. It restrains so that top-most vertices may ride on the original curved surface (this is understood from an input).

- The direction to move is carried out in the direction of curvature min.

(3) Calculate a top-most-vertices normal vector with the coordinate of each top-most vertices after modification using the information on the original curved surface.

If it carries out like this, even if the location of top-most vertices changes quite a lot on a curved surface, the right top-most-vertices normal vector corresponding to the new location will be calculated, It is given to the polyhedron model generated. If this technique is used, the appearance after smooth shading of the model which had information embedded will hardly change to the case where there is no information embedding.

[0048] A.2.3.3 Iteration of the strong disposition top and embedding to cutoff or partial deformation : (it applies generally) By making embedding two or more parts repeatedly within one model, the robustness over disturbance, such as partial deformation and cutoff, increases. That informational uses local ordering attachment with locality spatial for making it survive. If it carries out like this, one body in a certain model is disassembled into plurality, or even if it **, a possibility that top-most vertices are removed two or more picking and that information will survive will become large.

[0049] A.2.3.4 Informational encryption on the strong disposition over information decode which it is going to embed : (it applies to a symbol train embedding method) When the purpose of information embedding is embedding the secret information which be not known to the 3rd person into a three-dimension geometric model, enciphering beforehand and placing the information itself embedded in a symbol train is also considered. If it carries out like this, even if it can perform informational destruction, unjust read-out cannot be performed. The method of using pseudo-random number sequences, such as an M sequence, carrying out disturbance of the sequence of a symbol train, and removing a statistical property, in case a symbol train is embedded shall also be classified here.

[0050] A.3 In order to perform the technique of pattern embedding, next mainly visible embedding, describe not symbol trains but some technique of embedding a pattern in a mesh as it is.

A.3.1 Not the technique symbol train that changes a phase and a coordinate value but a pattern can also be embedded in a mesh as it is. However, this technique must have a to some extent complicated mesh. Therefore, in order to obtain a to some extent dense mesh, if a polyhedron model is an input, a mesh may recut, and if a curved surface model is an input, a dense mesh may need to be generated. For this kind of method, an input is a curved surface model and the case where a mesh can be generated somewhat freely is the most convenient.

- DERAUNEI conditional mood : a certain mesh embeds a pattern into the paddle which fulfills DERAUNEI conditions.

- Polygon split plot experiment : when dividing one polygon mesh into the mesh of a multipolygon, in some possible cases, embed an image pattern. For example, two kinds at the time of dividing four square shapes into three square shapes of cases can be regarded as the white and black of ink, and a binary image can be embedded. The example of drawing 4 (a) is the case of division of these four square shapes. When drawing 4 (c) makes legible the embedded pattern.

- The mesh thin degree changing method : change the fineness of a mesh locally and embed visible pattern information. In considering a polyhedron model as an input, if required, top-most vertices will be added and it will change the fineness of a mesh. In considering a curved surface model as an input, in case it carries out mesh division of the curved surface, it is good to change mesh thin degree and to embed information.

For example, two mesh thin degree is set up, it is regarded as the white and black of ink, and a binary pattern is embedded visible. The example of the method of embedding pattern information at drawing 4 at a mesh is shown. Drawing 4 (a) is the example which embedded four square shapes using two cases divided into two square shapes [three]. Drawing 4 (b) It is the example which changed and embedded the thin degree of a mesh. Drawing 4 (c) is meeting a line drawing pattern and cutting a mesh, and is an example embedding a pattern. drawing 4 (d), (e), and (f) **** -- in order to make a pattern legible, a shadow is attached to four square shapes, or the edge on a line drawing is drawn thickly. Drawing 4 (d) attaches a shadow in order to make the pattern of drawing 4 (a) legible. Although division of 4 angle mesh was made into the example in drawing 4 (b), the pattern of binary or a multiple value can be embedded about the polygon mesh of arbitration using division thin degree.

- The pattern cutting method : by using the line like a trim (trim) curve, and cutting a polygon, using a pattern as a line drawing, make a new mesh and embed a pattern. see drawing 4 (f) which made thick drawing 4 (c) and a trim curve, and made them legible)

[0051] The above-mentioned pattern embedding method may become visible on the model itself about the result of embedding. When aiming at invisibility embedding, although this feature is a defect, it uses for reverse positively and visible information embedding can be realized. For example, information to embed is made into visible pattern information (for example, configuration of an alpha character), and only the portion of an alphabetic character changes the thin degree of a mesh. If it concludes carefully that this mesh is indicated by the wire frame, a pattern can also be seen directly. However, if a model becomes complicated (for example, curved surface) or a few is actually devised to encoding so that the example of drawing 4 (a) can also be asked, a pattern will become invisibility substantially. Moreover, in the case of the embedding by the success or failure of DERAUNEI conditions, modification of a mesh is small, and it

is almost impossible to see a difference by the direct wire frame. Visualization processing of an easy pattern which is equivalent to "a letter written in secret ink" in these cases is needed.

- The comment about solidity : although the example of mounting and its experiment show later, the visible embedding by such mesh division has a certain amount of solidity also in the simplification of a mesh.

[0052] B. In the example above "A. the technique to embed", two or more information embedding technique was described. Although such technique may be used mutually-independent, it is good also as the one concrete technique only after combining it. For example, a concrete symbol train embedding algorithm is made for the first time combining the method of embedding a symbol on a top-most-vertices coordinate, and the method of attaching sequence between symbols. Moreover, if it combines with the technique (with the change in top-most vertices, or no modification of a top-most-vertices coordinate) of embedding only at a phase the technique embedded on a top-most-vertices coordinate, the new technique of having both solidity can be made. Hereafter, some concrete examples are shown.

B.1 Embedding B.1.1 to an external expression Symbol train embedding B.1.1 Paying attention to the redundancy of the top-most-vertices assignment which exists in the format which specifies three square shapes, information is embedded at three top-most vertices which are seen by 3 square shape files of the embedding method <feature> top-most-vertices share mold to 3 square shape top-most-vertices sequence in a file and which have connection relation. When top-most vertices A, B, and C determine three square shapes, three square shapes [three] of, i.e., (A, B, C), which specifies the three square shapes with the same (also including a distinction wrong side out) sequence of three kinds of top-most-vertices appearances, (B, C, A), and (C, A, B) are equal. Information is embedded at this redundancy. Mounting is easy by very simple technique, and destruction is also easy.

3 square-shape mesh data with a <input> phase The {Ti, j, k, {Pi}} <technique> symbol train embedding. The unit of symbol embedding: The order of appearance constructed three top-most-vertices indexes which specify three square shapes in the technique:file of 3 square-shape sequencing specified in external (file) format.

In a <example of mounting> external expression (file format), a top-most-vertices index is shifted in round in the line in which the top-most-vertices index of some three square shapes exists. The following is the object which started a part of geometric model.

[0053]

```
#VRML V1.0 ascii# Creator: RSW (IBM Japan Ltd.) (C) 1996Separator { Info { string
"/afs/trl.ibm.com/home/ohbuchi/rsw2/lightmove/c0.0.wrl" } LightModel { model-BASE_COLOR }
MaterialBinding { value PER_VERTEX_INDEXED } ShapeHints {-- vertexOrdering
COUNTERCLOCKWISE shapeType SOLID faceTypeCONVEX }Separator {Material {-- ambientColor
0.000000 0.000000 0.000000 diffuseColor 1.000000 1.000000 1.000000 specularColor 0.000000 0.000000
0.000000 transparency 0 shininess 1.0 } NormalBinding {-- value OVERALL} Coordinate3 {-- point
[ 1.461539 1.500000-5.121172, 1.505732 1.500000-4.824445, 0.516642 1.500000-4.677134, 0.472448
1.500000-4.973861, 0.989090 1.500000-4.899153 1.011187 1.500000-4.750789 0.966994
1.500000-5.047516, 1.247411 1.500000-4.861799, 1.225314 1.500000-5.010162, 0.752866
1.500000-4.788143, 0.730769 1.500000-4.936507, 0.763914 1.500000-4.713962, 1.258460
1.500000-4.787617 1.214266 1.500000-5.084344, 0.719721 1.500000-5.010689, ] } Material {--
ambientColor~ specularColor~ shininess~ transparency~ diffuseColor [ 1.000000 1.000000 1.000000,
```

1.000000 1.000000 1.000000, 1.000000 1.0000001.000000, 1.000000 1.000000 1.000000, 1.000000
1.000000 1.000000 1.000000 1.000000 1.000000 1.000000 1.000000 1.000000, 1.000000 1.000000
1.000000, 1.000000 1.000000 1.000000, 1.000000 1.000000 1.000000, 1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000, 1.000000 1.000000 1.000000, 1.000000 1.000000 1.000000 1.000000
1.000000 1.000000] } IndexedFaceSet { -- coordIndex [0, 1, 7, -1, 7, 4 and 8, -1, 7, 8 and 0, -1, 9, and ### --
attention in this line 5, 11, -1, 9, 11 and 2, -1, 5, 9 and 4, -1, 5, 4, 7, -1, 7, 1 and 12, -1, 7, 12 and 5, -1, 9, 3
and 10, -1, 9, 10, 4, -1, 3, 9 and 2, -1, 8, 6 and 13, -1, 8, 13, 0, -1, 6, 8 and 4, -1, 6, 4 and 10, -1, 10, 3, 14, -1,
10, 14 and 6, -1,] materialIndex [-- 0, 1, 7, -1, 7, 4 and 8, -1, 7, 8 and 0, -1, and 9 [] -- 5, 11, -1, 9, 11 and 2,
-1, 5, 9 and 4, -1, 5, and 4 -- 7, -1, 7, 1 and 12, -1, 7, 12 and 5, -1, 9, 3 and 10, -1, 9, 10, 4, -1, 3, 9 and 2, -1, 8,
6 and 13, -1, 8, -- 13, 0, -1, 6, 8 and 4, -1, 6, 4 and 10, -1, 10, and 3 14, -1, 10, 14 and 6, and -1] } } [0054]
Three square shapes to which it is "observing this line" and a certain place, for example, {0, 1, 7, -1}
connected 0 and the 1 or 7th top-most-vertices coordinate with this order near the last in this are
expressed (-1 is a termination mark). Here, since three, {0, 1, 7, -1}, {1, 7, 0, -1}, and {7, 0, 1, -1}, express
the three completely same square shapes, three kinds of symbols can be expressed by which [of these
three expressions] is chosen. the same thing -- a top-most-vertices coordinate -- it can say also about a
bitter **** top-most-vertices color or a top-most-vertices normal vector, and these can also be used for
information embedding.

As long as the topology of the external expression of the top-most vertices of <robustness> 3 square shape
and internal representation is maintained, the coordinate of top-most vertices may change only anything.
For example, it is equal to partial deformation of a top-most-vertices coordinate, projection conversion, etc.
[0055] B.2 embedding B.2.1 to internal representation Symbol train embedding B.2.1.1 the embedding
method <feature> similarity transformation to the amount of non-dimensions of three square shapes -- a
symbol is embedded in the amount of non-dimensions of three eternal square shapes.

<Input> 3 square-shape mesh data The {Ti, j, k, {Pi}} <technique> symbol train embedding.

Embedding unit: Embed a slight amount swing and a symbol for the two amounts of non-dimensions by
which the set of three square shapes [****] is characterized.

The setting [in order] method: Local ordering attachment by embedding an embedded base unit at two or
more conclusions and this, and embedding an index at a symbol and coincidence. In order to make the
group for embedding, the phase-adjacency (local ordering attachment) of four square shapes [three] is
used.

<the example of mounting> -- the group of the two amounts of non-dimensions by which the set of three
square shapes [****] is characterized, for example, {b/a and c/a}, {S/(a*a) and b/c}, and {t1 and t2} etc. -- a
slight amount swing and a symbol are embedded. Three square shapes [three] which share three square
shapes and the side, and t1, t2 and t3 are taken out. The mark which shows that data was taken out is
put into t. index which indicates sequence to be a symbol is put into t1, t2, and t3.

[0056] The example which embeds information at drawing 5 using the two amounts of non-dimensions of
three square shapes is shown. In drawing 5 (a), {b/a, c/a}, {S/(a*a), b/c}, {t1, t2}, etc. are in the group of the
two amounts of non-dimensions by which the set of three square shapes [****] is characterized. Based on
this, as shown in drawing 5 (b), it carries out for constructing three square shapes [four], and treats as a
macroscopic unit, and two data, an index, and a mark are embedded.

How to embed the <application> above can apply the technique (A. refer to the technique of 3 pattern
embedding) of raising the solidity over the random disturbance of top-most vertices by choosing the

direction of a peak shift based on the knowledge of the original curved surface, and enlarging top-most-vertices movement magnitude, without changing appearance.

[0057] The example of the technique of embedding information to a curved surface model at drawing 6 is shown. In drawing 6, it is the technique of considering a curved surface model (here ball) as an input, and embedding information by making tetrad ** of similar triangles into an unit. Drawing 6 (a) shows the mesh divided three square shapes based on the curved surface model of a ball, without carrying out embedding, and drawing 6 (b) shows the mesh which performed information embedding and was divided three square shapes. When migration of top-most vertices is restricted on the curved surface which was able to be given beforehand, an apparent change is small even if it moves greatly (drawing 6 (b)). If a normal vector is especially calculated and given from the original curved surface, it will not make most differences in the appearance at the time of carrying out smooth shading ((d) is compared with drawing 6 (c)). Here, the mesh of drawing 6 (b) has restricted the peak shift in a curved surface using the knowledge of the original curved surface, in order to enlarge top-most-vertices movement magnitude, without changing appearance. For this reason, if smooth shading is performed in the location of the top-most vertices after migration using the normal vector calculated from the original curved surface even if it performs a big peak shift which is seen by drawing 6 (b), it will not make most exterior differences in a rendering result. Drawing 6 (c) shows the result of smooth shading of drawing 6 (a), and drawing 6 (d) shows the result of smooth shading of drawing 6 (b). It does not make most exterior differences in a rendering result so that drawing 6 (c) and drawing 6 (d) may be compared and understood. Since the configuration of a model will also change clearly and worth of a model will be spoiled if a random value tends to be superimposed on the model of drawing 6 (b) and it is going to perform information destruction, the semantics of surreptitious use fades greatly. As the more advanced destructive method, a surreptitious use person may add a random peak shift in the direction which presumes the original curved surface from got 3 square-shape mesh, and meets a curved surface. Since a surreptitious use person cannot use information on the original curved surface, and presumption of a curved surface does not die correctly but leads to deterioration of a model configuration too, it is difficult to destroy information, without spoiling worth of a model. Since the strong-ized method used here was applied to the embedding by similarity 3 square shape, it is strong to similarity transformation. furthermore, this strong-ized method -- AFAIN conversion -- if it applies to the embedding by the volume ratio of an eternal tetrahedron, it will become a strong embedding method at the disturbance of AFAIN conversion and a random top-most-vertices coordinate.

It is equal to <robustness> similarity transformation (a parallel displacement, rotation, scaling). Since partial sequence is used, even if it shaves some models and changes phase structure partially, it can expect that information will remain and the information which remained can be taken out. Solidity increases further by embedded iteration, selection of the direction of a peak shift based on the knowledge of the original curved surface, etc.

[0058] B.2.1.2 Since the sequence of the embedding <feature> top-most vertices to the top-most-vertices coordinate of three square shapes is decided from phase data, in the embedding of data with sequence, it is not necessary to embed index information like string data (alphabetic data). It is not stronger than the method stated on the other hand by "B. the embedding to the set of 2.1.4 top-most vertices."

<Input> 3 square-shape mesh data The $\{T_i, j, k, \{P_i\}\}$ <technique> symbol train embedding.

Embedding object: The top-most-vertices coordinate itself

The setting [in order] method: Decide the sequence between symbols for the initiation top-most vertices of arbitration using texture and phase data (initial entry between top-most vertices). Since the sort of <example of mounting> 1. top-most vertices is possible if the direction which follows the side including initiation top-most vertices and top-most vertices is decided, a mark is attached to some which the top-most-vertices train acquired at specific initiation top-most vertices begins one by one. Initiation top-most vertices investigate all possible permutations, and look for a specific mark. Computational complexity is $O(n)$.

2. Carry out based on an initiation triangle and it is an expansion tree (or the subset). It asks. near top-most vertices -- a plane and inphase (2-manifold) it is -- if -- according to clock periphery Rika anti-clock periphery Rika, and a depth first or width-of-face priority, an expansion tree can be decided to be a meaning.

3. Attach an index to top-most vertices by the sequence for which it was searched by the expansion tree.

4. In the sequence, carry out [fine *****] a coordinate value and embed data.

It is equal to a <robustness> parallel displacement, rotation, and a scaling.

[0059] B.2.1.3 Embed a symbol at the volume ratio of the tetrahedron which is the embedding <feature> AFAIN conversion invariant to a tetrahedral volume ratio.

<Input> 3 square-shape mesh data The $\{T_i, j, k, \{P_i\}\}$ <technique> symbol train embedding.
 embedding object: Embed a symbol at the ratio of the volume of two tetrahedrons which use the 3 square shapes t of a mesh as a base.

The setting [in order] method: A marker, an index, and local ordering attachment by embedding a symbol for a "macroscopic" embedding object at coincidence. The phase-adjacency (local sequencing) of four tetrahedrons is used for making the group for embedding (macroscopic embedding object).

Three square shapes t_a and t_b which are not on a <example of mounting> 1. same plane, and share one side are chosen.

2. Take out four square shapes [three] which share t_a , t_b , and the side, and t_1 , t_2 , t_3 and t_4 .

3. Search for the center of gravity G with t_a and t_b .

4. Set criteria volume V_0 to $V_0 = (V_{t1} + V_{t2}) / 2$. (Otherwise, this is considered in great numbers.) For example, these 2.2 times are sufficient as V_0 . V_{ti} is the volume of the tetrahedron which a center of gravity G and three square shape t_i make here.

5. Data is stored in four tetrahedrons by shaking volume ratio $r_i = V_{ti}/V_0$ of four tetrahedrons which use V_0 and three square shapes each of t_1 , t_2 , t_3 , and t_4 as a base. In order to shake a volume ratio, the top-most vertices of t_i which is not shared with t_a and t_b are shifted about each of t_i . Two and an index are stored in four volume ratios, and r_1 , r_2 , r_3 and r_4 for the mark and symbol which show a macroscopic embedding object, respectively.

[0060] This algorithm was mounted and information was actually embedded. The embedded information is as follows.

----- Copyright (C) by IBM Japan, Ltd. 1996. Model No. 124532. IBM Japan, Ltd. has been authorized to freely distribute these Datasets. They are provided for unlimited use in existing or modified form. The actual Dataset may not (ie, geometry), h ----- [0061] This model consisted of 1025 square shapes [three], and when this algorithm was used, it was able to embed the one-character 8-bit alphabetic character of 238 characters. The example of the information embedding using the tetrahedron volume ratio to the model of VRML1.0 format is shown in drawing 7. Drawing 7 (a)

is drawing which displayed the original model with the wire frame. What is shown in drawing 7 (b), (c), and (d) performs rotation, a gap, and conversion including a scaling to an original model, respectively. The general AFAIN conversion T which included rotation, gap deformation, and a scaling to the original model is hung 3 times, and although the configuration was deformed considerably, information is saved without the problem.

[0062] It is equal to a <robustness> parallel displacement, rotation, and a scaling. It is equal to AFAIN conversion. The information which remained can be taken out even if it shaves some models. Even if it changes phase structure, information is survived by a certain probability. Solidity increases further by embedded iteration, selection (A. refer to the technique on 2.3. strong disposition) of the direction of a peak shift based on the knowledge of the original curved surface, etc.

B.2.1.4 Don't assume the topology between the top-most vertices of the embedding <feature> input model to the set of top-most vertices. Therefore, it is applicable to the so-called polygon soup for which a point, a line, a polyhedron (with no phase between polyhedrons), and polyhedrons with connectivity gathered.

The set $\lambda = \{P_i\}$ <technique> symbol train embedding of the top-most vertices P of a <input> three dimension (x y, z).

Embedding unit: Top-most-vertices coordinate.

The setting [in order] method: Coordinate value (x y, z) An index and data are put in for constructing three.

The following procedures perform embedding. The point-set belonging to λ_1 is used for the purpose which presumes the similarity transformation which did not add modification by embedding but was added behind. Data is embedded at the top-most vertices of the element of λ_2 .

1. Divide into two, λ_1 and λ_2 which fill the following relation with the method of not depending for the set of top-most vertices on system of coordinates.

- Compute the following amount independent of system of coordinates from the $\lambda = \lambda_1 \cup \lambda_2$ and $\lambda_1 \cap \lambda_2 = \emptyset$. point-set λ_1 .

- Change the element of the fixed point O (x0, y0, z0), three independent rectangular vectors Vx and Vy, and Vz into the system of coordinates it is decided by Vx, Vy, and Vz that will be O (x0, y0, z0).

4. each top-most vertices of λ_2 -- setting -- the coordinate value -- fine little **** -- store a symbol by things.

[0063] An extract assumes similarity transformation, and after it presumes the conversion added from the top-most-vertices set belonging to λ_1 and applies the inverse transformation of the added conversion to the whole top-most-vertices set, it takes out information from each top-most vertices of λ_2 .

<Example of mounting> 1. convex closure (Convex hull) It asks for the convex closure of a three dimension using a calculation algorithm, and divides into the top-most vertices λ_1 (embedding is not made these top-most vertices) on convex closure, and the other (inside of convex closure) top-most vertices λ_2 (these top-most vertices shake a location and embed information). Convex closure changes neither by similarity transformation nor AFAIN conversion.

2. Let the center of gravity of λ_1 be the fixed point O (x0, y0, z0). Moreover, three orthogonal vectors, and Vx, Vy and Vz are calculated using the covariance matrix of λ_1 .

The element Cjk of covariance matrix C ** is below computable here.

[Equation 1]

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbf{P}^i$$

$$\bar{\mathbf{P}}^i = \mathbf{P}^i - \mu$$

$$\mathbf{C}_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{\mathbf{P}}_j^i \bar{\mathbf{P}}_k^i, \quad 1 \leq j, k \leq 3$$

Here, n is the number of the top-most vertices of lambda 1. This characteristic vector turns into three vectors independent of system of coordinates which intersect perpendicularly. Three vectors are distinguished among the top-most vertices of lambda 1 in the distance to the most distant top-most vertices from a center of gravity.

3. Transform lambda using the center of gravity and characteristic vector which were computed.

4. It is 2 and 3 until it converges into a tolerance with the value of a characteristic vector. It repeats.

They are x , and y and z to each top-most vertices \mathbf{P} of 5lambda2 (x, y, z). A value is fine ***** carried out and information is put into the amount. Here, both an index and data are put into x , and (y, z), for example.

It is equal to a <robustness> parallel displacement, rotation, and a scaling. It is equal to modification of phase (connection between top-most vertices) information.

[0064] B.2.2 Pattern embedding B.2.2.1 It is information at the process in which consider the embedding <feature> curved surface model to the DERAUNEI nature success or failure of a mesh as an input, cut it in a mesh, and it is changed into a polyhedron model. Three square shapes as a result of mesh division are Delaunay. /Filling change which fulfills conditions is attached. For example, a copyright person's initial etc. is buried somewhat visible and put. There is little amount of information buried and put. The embedding by the success or failure of Delaunay conditions can be used also for symbol train embedding. A model including a <input> curved surface.

<Technique> pattern embedding. First, the corresponding curved surface is cut in the mesh which fulfills equal DERAUNEI conditions. Subsequently, a mesh is changed so that a mesh may not fill DERAUNEI conditions with the portion applicable to the pattern of a visible watermark to embed. DERAUNEI conditions are conditions on which three top-most vertices of three square shapes are on one circle. For example, although it is four points with same drawing 8 (a) and (b), it rides on a circle depending on how to attach a phase, namely, three square shapes which fulfill DERAUNEI conditions differ. It is better to embed into the portion of the polyhedron which will consider a curved surface as an input if it can do, and approximates a curved surface, since it be easy to disappear by polygon simplification processing if it embeds at a plane.

[0065] Three square shapes which fulfill DERAUNEI conditions to drawing 8 are shown. At drawing 8 (a), (a, b, d) are filling [(a, b, c)] DERAUNEI conditions with drawing 8 (b).

Embedding by the success or failure of <example of mounting> DERAUNEI conditions was mounted. The example of the pattern embedding by DERAUNEI condition success or failure is shown in drawing 9. An input is the definition of a curved surface and an output is 3 square-shape mesh. drawing 9 (a) -- the mesh after pattern embedding -- being shown -- drawing 9 (b) -- it -- " -- the object made clear, " carried out and visualized is shown. In drawing 9, in case a curved surface (a part of spherical surface) is considered as

an input and 3 square-shape mesh is generated, the character pattern of "IBM" is embedded using the success or failure of DERAUNEI conditions.

It is equal to almost all geometric conversion including <robustness> partial deformation (as [have / the model after conversion / semantics]). Polygon simplification is also borne to some extent and a pattern which is accepted remains.

[0066] B.2.2.2 Recut the mesh of the embedding <feature> input model to mesh division thin degree, and change the fineness of a mesh using information in that case. The initial of visible information, for example, a copyright person, etc. is buried and put. There is little amount of information buried and put. The model with which only a <input> 3 square-shape polyhedron includes (topology and a curved surface). <Technique> The fineness of a mesh is most simply increased to the visible pattern to space (watermark) to embed twice or 4 times compared with the other portion. An input model is not 3 square-shape polyhedron but a curved surface, and it is effective, especially when a mesh is cut to embedding processing and coincidence and three square shapes can be divided into them. Since it will be easy to disappear by polygon simplification processing if it embeds at a plane, it is good to embed into the portion of the polyhedron which approximates a curved surface.

The algorithm which changes <example of mounting> mesh division thin degree, and embeds information was mounted. An input is a curved surface and an output is 3 square-shape mesh. The curved surface which makes some balls to drawing 10 is considered as an input, and the example which changed mesh division thin degree into one fourth, and embedded the pattern is shown. There are three square shapes [3574] after embedding. Drawing 11 (a) considers the curved surface showing a part of spherical surface as an input, and the example which changed the thin degree of Messing of a curved surface and embedded the pattern "IBM" is shown. In this example, compared with the other portion, the thin degree of a mesh has increased 4 times, and it consists of pattern embedding portions as a whole at the triangle of 3754 pieces. Moreover, drawing 11 is also the example which destroyed the embedding of the pattern by mesh division thin degree with the mesh simplification algorithm A. the one half before the number of mesh being simplified (3574) -- even if it becomes near, the pattern remains to some extent. drawing 11 (a) (b) (c) (-- d --) -- a mesh -- simplification -- actuation -- A -- (-- a --) - > -- (-- b --) - > -- (-- c --) - > -- (-- d --) -- order -- a repeat -- in addition -- gradually -- three -- a square shape -- a mesh -- having been simplified -- a case -- how -- a pattern -- disappearing -- or -- being shown . Although this mesh simplification algorithm A is an algorithm which replaces some three square shapes at one top-most vertices, and recarries out a mesh, it is the algorithm which does not replace when the sense of a normal vector changes a lot by substitute. Even if the simplification of a mesh progresses and the number becomes [a little more than / about 1/2], it turns out that the original pattern still remains to some extent. drawing 12 -- (-- a --) -- (-- b --) -- (-- c --) -- (-- d --) -- a mesh -- division -- thin -- degree -- depending -- a pattern -- embedding -- already -- one -- a ** -- a mesh -- simplification -- an algorithm -- B -- (-- a --) - > -- (-- b --) - > -- (-- c --) - > -- (-- d --) -- order -- having destroyed -- an example -- being shown . This simplification algorithm B is near a certain top-most vertices, and is an algorithm which investigates the distance of the field searched for from the average of the top-most vertices of the circumference of it, and its top-most vertices, and erases top-most vertices from an object with that small value. Even when this simplification algorithm B is applied, even if it becomes below one half (1374) before the number of polygons being simplified (3574), it turns out that the original pattern remains to some extent.

It is equal to almost all geometric conversion including <robustness> partial deformation (as [have / the

model after conversion / semantics)). Polygon simplification is also borne to some extent.

[0067] C. Explain the pad of the symbol train to the polyhedron model out of two or more technique with the feature from which versatility differed of having used for overall flow drawing 16 and drawing 17 of a pad and an extract with the gestalt of the above-mentioned implementation, and the overall flow of the extract. Other technique is performed by the flow same in outline.

[0068] C.1 The flow chart which embeds information to a polyhedron model at embedded flow drawing 16 is shown. The polyhedron model which serves as an object to embed in step 200 first is prepared. Next, initiation primitive **** for sequencing of the primitive which constitutes a three-dimension geometric model in step 212.

[0069] It shows [whether which BURIMITIBU is made into the 1st to an initiation primitive, and sequence is attached here (as initial condition)] and is primitive (see "A. the sequencing between 2.2 symbols"). Furthermore the "direction of either and which" number is shaken, or ** can become initial condition. It is desirable for this initial condition as well as a geometric primitive to be eternal to the conversion expected or other active jamming. It is because sequencing may be impossible at the time of an extract. Next, in step 213, sequence is given to the set of a primitive.

[0070] Next, it moves to an embedded step. Decision whether all the information embedded was first embedded at step 214 is made. If the result is YES, the polyhedron model which embedded information will be outputted at step 219. If the result is NO, according to the sequence of a primitive, the i-th primitive will be chosen at step 215. And at step 216, the i-th symbol is taken out from the information to embed. Finally the geometric parameter of the i-th primitive is changed, and the i-th symbol is embedded. And processing returns to step 214.

[0071] C.2 The flow chart which extracts the information embedded by the polyhedron model at flow drawing 17 of an extract is shown. In step 300, the rare ***** model which information (information is what at this time, or unknown) embeds is prepared first. Next, the initiation primitive for primitive sequencing is looked for in step 312. Next, in step 314, sequence is given to the set of a primitive.

[0072] Next, it moves to the step of an extract. Decision whether all the information embedded first was extracted at step 316 is made. If the result is YES, the extracted information will be outputted at step 319. If the result is NO, according to the sequence of a primitive, the i-th primitive will be chosen at step 317. And at step 318, the i-th symbol is extracted from the geometric parameter of the i-th primitive. And processing returns to step 319.

[0073]

[Effect of the Invention] It becomes possible to embed various information safely by this invention at a point, a line, and the three-dimension geometric model expressed by the set of a polyhedron. The information embedding method of this application can be used for the ownership protection of information of for example, 3D model. Moreover, it becomes possible to build embedding and an extract processing program into three-dimension geometric modeling software, and to use the extract processing program combining a browser.

[0074]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the information padding to a three-dimension polyhedron model and information extract operation of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing how to make a symbol correspond in the case of [which divides four square shapes into two square shapes / three] two, and embed information in the case of.

[Drawing 3] It is drawing showing the example which embedded the symbol train in a mesh.

[Drawing 4] It is drawing showing the example of the method of embedding pattern information in a mesh.

[Drawing 5] It is drawing showing the example which embeds information using the two amounts of non-dimensions of three square shapes.

[Drawing 6] It is drawing showing the example of the technique of embedding information to a curved surface model.

[Drawing 7] It is drawing showing the example of the information embedding using the tetrahedron volume ratio to a model.

[Drawing 8] It is drawing showing three square shapes which fulfill DERAUNEI conditions.

[Drawing 9] It is drawing showing the example of the pattern embedding by DERAUNEI condition success or failure.

[Drawing 10] It is drawing showing the example which embedded the pattern on the curved surface which makes some balls.

[Drawing 11] It is drawing showing the example which destroyed the embedding of the pattern by mesh division thin degree.

[Drawing 12] It is drawing which destroyed the embedding of the pattern by mesh division thin degree and in which showing another example.

[Drawing 13] It is the example of a hardware configuration of the system used in this invention.

[Drawing 14] The outline of the information pad of this invention is shown.

[Drawing 15] The outline of an information extract of this invention is shown.

[Drawing 16] It is the flow chart of the information pad method of this invention.

[Drawing 17] It is the flow chart of the information extract method of this invention.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-334272

(43) 公開日 平成10年(1998)12月18日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 T 17/00

G 0 6 F 15/62

3 5 0 A

G 0 9 C 5/00

G 0 9 C 5/00

H 0 4 N 1/387

H 0 4 N 1/387

7/08

G 0 6 F 12/14

3 1 0 Z

7/081

H 0 4 N 7/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平9-137305

(22) 出願日

平成9年(1997)5月27日

(71) 出願人 592073101

日本アイ・ピー・エム株式会社

東京都港区六本木3丁目2番12号

(72) 発明者 増田 宏

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア

イ・ピー・エム株式会社東京基礎研究所内

(72) 発明者 大淵 竜太郎

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア

イ・ピー・エム株式会社東京基礎研究所内

(72) 発明者 青野 雅樹

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア

イ・ピー・エム株式会社東京基礎研究所内

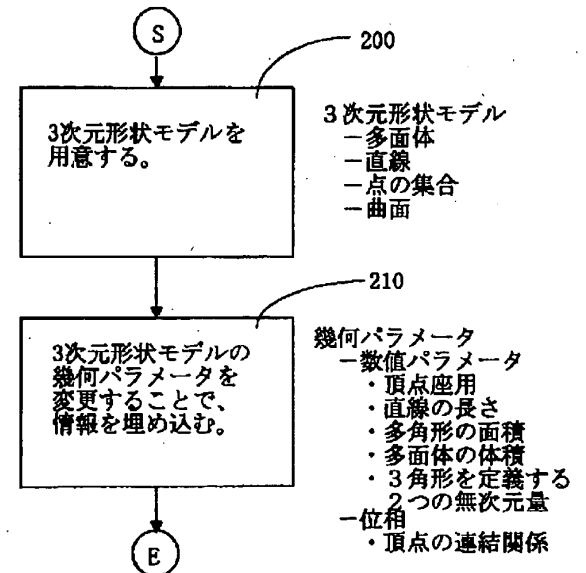
(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

(54) 【発明の名称】 3次元形状モデルへの情報の埋め込み方法及びシステム

(57) 【要約】

【課題】 3次元形状モデルに種々の情報を埋め込むこと、及び埋め込まれた情報を抽出すること。

【解決手段】 本発明では上記課題を解決するために、3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、種々の情報を前記3次元形状モデルへ、可視または不可視の状態に埋め込む方法を採用。ここで幾何パラメータとは幾何形状を定義するための記述に相当する。3次元形状モデルは通常そのプリミティブ（構成要素）である、多面体、直線、点の集合、または曲面から構成される。また各プリミティブは幾何パラメータにより定義される。従って3次元形状モデルは多くの幾何パラメータの集合により、その全体の幾何形状が定義される。本発明では、3次元形状モデルを構成している複数のプリミティブの幾何パラメータを変更することにより、情報を埋め込む。また本願では幾何パラメータを数値パラメータ及び位相に分けて、各々を変更して情報を埋め込む方法を提供する。逆に、抽出は上記変更された幾何パラメータを検出することにより、埋め込まれた情報を取り出す。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】3次元形状モデルへ情報を埋め込むシステムであって、(1)3次元形状モデルを用意する手段と、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、前記情報を前記3次元形状モデルへ埋め込む手段と、

を具備することを特徴とする、3次元形状モデルへの情報埋め込みシステム。

【請求項2】前記3次元形状モデルが複数のプリミティブから構成され、前記情報を埋め込む手段が、(3)プリミティブを順序付けるための開始プリミティブを探索する手段と、(4)前記プリミティブの集合に順序を付ける手段と、(5)前記順序に従いプリミティブを選択し、該プリミティブの幾何パラメータを、前記情報に対応して、変更する手段と、

を具備することを特徴とする、請求項1のシステム。

【請求項3】前記プリミティブが、多面体、直線、点の集合、または曲面である、請求項2記載のシステム。

【請求項4】前記情報が、特定の言語に対応したシンボルであるか、前記情報を表すパターンであるか、または前記シンボル及び前記パターンの組み合わせである、請求項3記載のシステム。

【請求項5】前記幾何パラメータが数値パラメータである、請求項4記載のシステム。

【請求項6】前記数値パラメータが、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量である、請求項5記載のシステム。

【請求項7】前記数値パラメータが、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量、の各々の間での比である、請求項5記載のシステム。

【請求項8】前記幾何パラメータが位相である、請求項4記載のシステム。

【請求項9】前記位相が頂点の連結関係を定める位相である、請求項8記載のシステム。

【請求項10】前記幾何パラメータが、数値パラメータ及び位相の組み合わせである、請求項4記載のシステム。

【請求項11】3次元形状モデルへ情報を埋め込む方法であって、(1)3次元形状モデルを用意するステップと、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、前記情報を前記3次元形状モデルへ埋め込むステップと、

を有することを特徴とする、3次元形状モデルへの情報埋め込み方法。

【請求項12】前記3次元形状モデルが複数のプリミティブから構成され、前記情報を埋め込むステップが、

(3)プリミティブを順序付けるための開始プリミティブを探索するステップと、(4)前記プリミティブの集

2

合に順序を付けるステップと、(5)前記順序に従いプリミティブを選択し、該プリミティブの幾何パラメータを、前記情報に対応して、変更するステップと、を有することを特徴とする、請求項11記載の方法。

【請求項13】前記プリミティブが、多面体、直線、点の集合、または曲面である、請求項12記載の方法。

【請求項14】前記情報が、特定の言語に対応したシンボルであるか、前記情報を表すパターンであるか、または前記シンボル及び前記パターンの組み合わせである、請求項13記載の方法。

【請求項15】前記幾何パラメータが数値パラメータである、請求項14記載の方法。

【請求項16】前記数値パラメータが、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量である、請求項15記載の方法。

【請求項17】前記数値パラメータが、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量、の各々の間での比である、請求項15記載の方法。

【請求項18】前記幾何パラメータが位相である、請求項14記載の方法。

【請求項19】前記位相が、頂点の連結関係を定める位相である、請求項18記載の方法。

【請求項20】前記幾何パラメータが、数値パラメータ及び位相の組み合わせである、請求項14記載の方法。

【請求項21】3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出するシステムであって、(1)前記情報が埋め込まれた3次元形状モデルを用意する手段と、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを検出することにより、前記情報を前記3次元形状モデルから抽出する手段と、

を具備することを特徴とする、3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出するシステム。

【請求項22】前記3次元形状モデルが複数のプリミティブから構成され、前記情報を抽出する手段が、(3)プリミティブを順序付けるための開始プリミティブを探索する手段と、(4)前記プリミティブの集合に順序を付ける手段と、(5)前記順序に従いプリミティブを選択し、該プリミティブの幾何パラメータから、前記情報を抽出する手段と、

を具備することを特徴とする、請求項21記載のシステム。

【請求項23】3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出する方法であって、(1)前記情報が埋め込まれた3次元形状モデルを用意するステップと、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを検出することにより、前記情報を前記3次元形状モデルから抽出するステップと、

を有することを特徴とする、3次元形状モデルへ埋め込

(3)

3

まれた情報を抽出する方法。

【請求項24】前記3次元形状モデルが複数のプリミティブから構成され、前記情報を抽出するステップが、

(3) プリミティブを順序付けるための開始プリミティブを探索するステップと、(4) 前記プリミティブの集合に順序を付けるステップと、(5) 前記順序に従いプリミティブを選択し、該プリミティブの幾何パラメータから、前記情報を抽出するステップと、

を有することを特徴とする、請求項23記載の方法。

【請求項25】コンピュータに3次元形状モデルへの情報埋め込みをさせるためのプログラムを含む媒体であって、該プログラムが、(1) 3次元形状モデルを用意する機能と、(2) 前記3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、前記情報を前記3次元形状モデルへ埋め込む機能と、

を有することを特徴とする、プログラムを含む媒体。

【請求項26】コンピュータに3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出させるためのプログラムを含む媒体であって、該プログラムが、(1) 前記情報が埋め込まれた3次元形状モデルを用意する機能と、(2) 前記3次元形状モデルの幾何パラメータを検出することにより、前記情報を前記3次元形状モデルから抽出する機能と、

を有することを特徴とする、プログラムを含む媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本願は3次元形状モデルへ情報を埋め込む、データ・ハイディング方法に関し、特に、多面体で構成される3次元形状データの中に所有権やその他の情報(例えば、作成日時、作成者、バージョンなど)を埋め込む方法、システム、及びプログラムを含む媒体に関する発明である。

【0002】

【従来の技術】インターネット上での電子図書館のように、画像や音声をデジタル的に提供する例が増えているが、これらの情報は複製が容易なため、これらに対して所有権情報や課金情報を埋め込む要求が生じ、その方式の研究が活発化している。これらの情報の埋め込み操作は情報埋め込み(information embedding)、情報隠蔽(information hiding)、透かし付け(watermarking)等と呼ばれている。

【0003】3角形メッシュモデルは、インターネット上で3Dデータをやりとりする際にもっとも多く用いられている3次元形状の表現手段である。最近では、各社のブラウザで3Dデータが表示できるようになってきており、今後、こうした3Dデータの利用が急速に増えてくると考えられている。それにともない、こうした3Dデータの配布の際に、3Dデータに対してどのようにして所有権情報やその他の付帯情報(例えば、作成日時、作成者、バージョン等)を添付するかが問題になってい

4

る。

【0004】3Dデータの作成には、写真や絵画の場合と同様、しばしば多くの時間と美的センスを必要とし、費用もかかり、それ自体、ビジネスとして成立している。このようなデータでは、従来、3Dデータのファイル中に、

【0005】Copyright (c) by IBM Japan, Ltd. 1996
IBM Japan, Ltd. has been authorized to freely distribute

these Datasets. They are provided for unlimited use in existing or modified form. The actual Dataset (ie, geometry) may not, however, be resold in existing or modified form.

【0006】のような著作権情報をテキストコメントとして埋め込んでいる。しかし、このような著作権表示方法は第3者による悪意な改竄に対して無防備である。以下のようにすると著作権情報が消えたり、無効になるためである。

【0007】まず、ファイルにテキストとして書かれた情報は容易にテキスト編集によって消すことが出来る。たとえテキストコメントをPGPやDES法で暗号化しても、その内容は読めないものの、暗号化した情報自体を取り除くのは暗号化しない場合と同様に容易であり、著作権表示を安全に保護することはできない。

【0008】また、一般に、ファイルフォーマット変換を行なうとソース・データ中の著作権情報は保存されない。例えば、ある3Dのソース・データからオブジェクト形式へのフォーマット変換プログラムを前出のコメントを含んだ3次元形状モデルに使うと、変換後には著作権を主張するコメントが無くなり、代わりに

Fri Jul 14 12:44:19 1997

#

Object converted by XXX-to-obj

#

【0009】のような文字列が残るだけである。

【0010】3次元形状モデルに対する操作には、ファイル・フォーマット変換のような外部表現に対する操作のほかに、重要な操作として、モデルの自体に対する移動、回転、スケーリングなどの座標変換、あるいはモデルの一部の切り取りや局所変形等のモデルの編集操作が考えられる。これらの編集操作は、あるモデルを実際に使用する上で必要なことが多い。現在、実際に、有償3次元形状モデルや、有償ではないものの著作権表示を有する3次元形状モデルの盗用が問題になるケースも始めている。このような盗用に対して、モデル自体に所有者や作成者の署名等の所有権情報を入れる有効な方法はいまのところ存在しない。

【0011】

(4)

5

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明が解決しようとする課題は、点、線、多面体の集合で表現される3次元形状モデルに、安全に、可視不可視に限らず、該モデル自体の変更により、種々の情報を埋め込みこと、及び該情報を抽出することである。ここで種々の情報埋め込みの使用目的として、

- ・作成者の認証
- ・所有者の確認
- ・受け取り者の確認
- ・無償受け取りの阻止
- ・作成日時管理
- ・在庫管理
- ・無許可コピーの阻止
- ・無許可コピーの牽制
- ・秘密情報の記録

等があげられる。さらに、上記3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を、精度よく抽出することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明では上記課題を解決するために、3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、種々の情報を前記3次元形状モデルへ、可視または不可視の状態で埋め込む方法を採用。ここで幾何パラメータとは幾何形状を定義するための記述に相当する。3次元形状モデルは通常そのプリミティブ（構成要素）である、多面体、直線、点の集合、または曲面から構成される。また各プリミティブは幾何パラメータにより定義される。従って3次元形状モデルは多くの幾何パラメータの集合により、その全体の幾何形状が定義される。本発明では、3次元形状モデルを構成している複数のプリミティブの幾何パラメータを変更することにより、情報を埋め込む。また本願では幾何パラメータを数値パラメータ及び位相に分けて、各々を変更して情報を埋め込む方法を提供する。ここで数値パラメータとは、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量等であり、これらの値を変更することにより、情報を埋め込む。数値パラメータとして、これら頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量等の各々の間の比を採用しても良い。これらを変更することで、情報を埋め込む。逆に、抽出は上記変更された幾何パラメータを検出することにより、埋め込まれた情報を取り出す。また位相（トポロジ）として、例えば頂点の連結関係等を定める位相を変更することで情報を埋め込む。ここで重要なことは、上記数値パラメータの変更と位相の変更とは互いに独立であるので、それらの組み合わせにより情報を埋め込むことができる点である。本願明細書中において、多面体モデル及び曲面モデルとは以下のサーフェスモデルを指す。

- ・多面体モデル：多面体、直線、及び点の集合から成る

6

モデル。（頂点が連結性を持つばあい、持たない場合の双方を含める。）

・曲面モデル：多面体、直線、及び点の集合に加え、曲面も含めたモデル。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図13を参照すると、本発明において使用されるシステムのハードウェア構成の一実施例を示す概観図が示されている。システム100は、中央処理装置（CPU）1とメモリ4とを含んでいる。CPU1とメモリ4は、バス2を介して、補助記憶装置としてのハードディスク装置13とを接続してある。フロッピーディスク装置（またはMO、CD-ROM等の記憶媒体駆動装置）20はフロッピーディスクコントローラ19を介してバス2へ接続されている。

【0014】フロッピーディスク装置（またはMO、CD-ROM等の記憶媒体駆動装置）20には、フロッピーディスク（またはMO、CD-ROM等の記憶媒体）が挿入され、このフロッピーディスク等やハードディスク装置13、ROM14には、オペレーティングシステムと協働してCPU等に命令を与え、本発明を実施するためのコンピュータ・プログラムのコードを記録することができ、メモリ4にロードされることによって実行される。このコンピュータ・プログラムのコードは圧縮し、または、複数の分割して、複数の媒体に記録することもできる。

【0015】システム100は更に、ユーザ・インターフェース・ハードウェアを備え、入力をするためのポインティング・デバイス（マウス、ジョイスティック等）7またはキーボード6や、視覚データをユーザに提示するためのディスプレイ12を有することができる。また、パラレルポート16を介してプリンタを接続することや、シリアルポート15を介してモデムを接続することが可能である。このシステム100は、シリアルポート15およびモデムまたは通信アダプタ18（イーサネットやトークンリング・カード）等を介してネットワークに接続し、他のコンピュータ等と通信を行うことが可能である。

【0016】スピーカ23は、オーディオ・コントローラ21によってD/A（デジタル/アナログ変換）変換された音声信号を、アンプ22を介して受領し、音声として出力する。また、オーディオ・コントローラ21は、マイクロフォン24から受領した音声情報をA/D（アナログ/デジタル）変換し、システム外部の音声情報をシステムにとり込むことを可能にしている。

【0017】このように、本発明のシステムは、通常のパーソナルコンピュータ（PC）やワークステーション、ノートブックPC、パームトップPC、ネットワークコンピュータ、コンピュータを内蔵したテレビ等の各種家電製品、通信機能を有するゲーム機、電話、FA

(5)

7

X、携帯電話、PHS、電子手帳、等を含む通信機能有する通信端末、または、これらの組合せによって実施可能であることを容易に理解できるであろう。ただし、これらの構成要素は例示であり、その全ての構成要素が本発明の必須の構成要素となるわけではない。

【0018】HDD13、HDD30、MO28、CD-ROM26内等の外部記憶装置、又はメインメモリ4内に記憶された3次元形状モデルは、VRAM9内に展開され、ディスプレイ12に表される。メインメモリ4内に記憶された画像アプリケーションは、メインCPU1により実行される。この画像アプリケーションによりディスプレイ12に表示された3次元形状モデルをキーボード6又はポインティング・デバイスであるマウス7等で編集できる。

【0019】埋め込む情報は外部記憶装置からメインメモリ4内にロードするか、通信用アダプタカード18を経由してメインメモリ4内に取込んでもよいし、ユーザがキーボード6又はポインティング・デバイスを使用して直接入力してもよい。該情報に対応して、メインメモリ4内の3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、該情報を埋め込む。ここで注意すべきは、3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することが、情報を埋め込むことと同値であるということである。つまり本願発明は文字情報などを3次元形状モデルの上に描いたり、張り付けたりするテクスチャマッピング等の技術とは異なり、3次元形状モデルを形成するための幾何パラメータそのものを変更することで、所望の情報を埋め込む技術である。

【0020】従って、オリジナルの3次元形状モデルと、情報の埋め込まれた3次元形状モデルとの幾何パラメータの違いが、埋め込まれた情報を表す。逆に、抽出は変更された幾何パラメータを検出することにより、埋め込まれた情報を取り出す。

【0021】本発明の実施の形態では、種々の異なった特徴を持つ複数の手法を、A. 埋め込み手法と、それを用いた、B. 実施例、C. 埋込み抽出の全体的フローに分け、以下の目次に従って詳細に記載する。しかしながら、この3次元形状モデルの幾何パラメータの変更がそのまま、多様な情報の埋込みと等価である事に留意されたい。

【0022】A. 埋め込み手法

- A. 1 構成
- A. 2 情報埋め込みの2つの手法
- A. 2 シンボル列埋め込みの手法
 - A. 2. 1 シンボル埋め込み手法
 - A. 2. 1. 1 座標値変更によるシンボル埋め込み法
 - A. 2. 1. 2 位相変更によるシンボル埋め込み法
 - A. 2. 2 プリミティブ間の順序付け
 - A. 2. 2. 1 順序の導入法
 - A. 2. 2. 2 順序の局所性

8

- A. 2. 3 堅ろう性向上の手法
 - A. 2. 3. 1 大域の変換に対する堅ろう性向上
 - A. 2. 3. 2 ランダムな攪乱に対する堅ろう性向上
 - A. 2. 3. 3 切り取りや局所変形に対する堅ろう性向上
 - A. 2. 3. 4 情報解読に対する堅ろう性向上
- A. 3 パターン埋め込みの手法
 - A. 3. 1 位相と座標値を変える手法
- B. 実施例
 - B. 1 外部表現への埋め込み
 - B. 1. 1 シンボル列埋め込み
 - B. 1. 1 ファイル内の3角形頂点順序への埋め込み法
 - B. 2 内部表現への埋め込み
 - B. 2. 1 シンボル列埋め込み
 - B. 2. 1. 1 3角形の無次元量への埋め込み法
 - B. 2. 1. 2 3角形の頂点座標への埋め込み
 - B. 2. 1. 3 4面体の体積比への埋め込み
 - B. 2. 1. 4 頂点の集合への埋め込み
 - B. 2. 2 パターン埋め込み
 - B. 2. 2. 1 メッシュのデラウネイ性合否への埋め込み
 - B. 2. 2. 2 メッシュ分割細度への埋め込み
 - C. 埋込みと抽出の全体的フロー
 - C. 1 埋込みのフロー
 - C. 2 抽出のフロー

【0023】A. 埋め込み手法

A. 1 構成

本発明は、点、線、又は3角形と、それらが連結性をもつてつながった要素の集合から成る3次元形状モデルに何らかの情報を埋め込むことを目的とする。これを達成するために、3次元形状モデルの幾何パラメータである、数値パラメータまたは位相を変更することにより、前記情報を前記3次元形状モデルへ、可視または不可視の状態に埋め込む方法を探る。数値パラメータとは主に座標値を指し、3次元形状モデルの構成要素が有する座標値を変更することにより、情報を埋め込む。また位相とは、例えば頂点の数やその連結関係等を指し、これを変更することで情報を埋め込む。逆に3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出する場合は、情報が埋め込まれた3次元形状モデルを用意し、前記3次元形状モデルの変更された幾何パラメータ（数値パラメータまたは位相）を検出することにより、前記情報を前記3次元形状モデルから抽出する。

【0024】図1に本発明の3次元多面体モデルに対する情報埋め込み(embedding)操作と情報抽出(disembedding)操作を概念的に図示する。図1(a)は入力が多面体モデルGの場合の情報埋め込み操作を表し、図1

(b)は入力曲面モデルCの場合の情報埋め込み操作を表し、図1(c)は情報が埋め込まれた3次元多面体モ

(6)

9

デル (G' 、 C_g') から情報を抽出する操作を表している。図1 (a)、(b) に示すように入力としては多面体モデル G (頂点が連結性を持つばあい、持たない場合の双方を含める。) 及び曲面モデル C の両方を受け入れる。何れの場合も埋め込む対象は3次元多面体モデルである。

【0025】入力が曲面モデル C の場合には、情報埋め込み処理と同時に多角形 (例えば3角形) メッシュ分割 (図1 (b) 参照) を行うので、一般に、埋め込み手法の自由度が高くなる。多面体モデル G の場合、情報埋め込み10 に用いる手法により、入力と出力の間で頂点の数が変わる場合と変わらない場合がある。

【0026】図14及び図15に情報埋め込みと情報抽出の概要を示す。図14の、ステップ200において3次元形状モデルを準備する。3次元形状モデルは、多面体 G 、直線 L 、点の集合 P 、又は曲面 C から構成される。次にステップ210で前記3次元形状モデルの幾何パラメータを変更する。幾何パラメータには、数値パラメータと位相とがあり、数値パラメータとは、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量等に具体化される。位相は、頂点の連結関係を定める位相等に具体化される。これら3次元幾何パラメータである、数値パラメータまたは位相を変更することにより、情報 I を埋め込む。情報抽出は、まず図15のステップ300において情報 I が埋め込まれた3次元形状モデルを準備する。ステップ310でオリジナルの3次元形状モデルの幾何パラメータから変更された、幾何パラメータを検出する。該ステップ310にて前記3次元形状モデルの変更された幾何パラメータ (数値パラメータまたは位相) を検出することにより、前記情報 I を前記3次元形状モデルから抽出する。なお、上記ステップ210、ステップ310のさらに詳細な説明については以降の記載を参照されたい。

【0027】A. 2 情報埋め込みの2つの手法
本願明細書では、情報の埋め込み手法を (1) シンボル列埋め込み、(2) パターン埋め込みの2つに分類する。シンボル列埋め込みによる情報の3角形多面体モデルへの埋め込みは、情報を表現する言語 L の埋め込みである。ここで、 L はアルファベット A から文法 G で生成される。アルファベットを構成するのは少なくとも二つ以上の独立なシンボルの有限集合、例えば2進数の場合 $A=\{0, 1\}$ 、である。 L の要素は順序を持つシンボルの列なので、 L を表現するには、

1. アルファベットの全てのシンボルを何らかの形で表現・埋め込みできること。
 2. 一つ以上のシンボル間の順序を表現できること。
- が必要である。この二つをどう実現するかで情報埋め込み法が規定される。シンボルとその順序は、モデルに存在する冗長性に埋め込む。ここで、冗長性とは、「使用目的に対して影響を与えない範囲で任意性を持つ何らか

10

の量」である。パターン埋め込みによる情報の多面体モデルへの埋め込みは、情報を表現する何らかのパターンをシンボル列にエンコードせずに埋め込む。あたかも形状モデルにあるパターンの (例えば家紋) のスタンプを押すかのような操作である。埋め込まれるパターンは“IBM”の様な文字列であってもよいが、この場合の文字間の順序は暗に存在し、埋め込み処理としてはあくまでも一つのパターンとして埋め込む。

【0028】シンボル埋め込みは一般に不可視な埋め込み法である事が多い。これに反してパターン埋め込みはそれ自体が比較的容易に可視化できる (例えばワイヤフレーム表示で見る) 特徴がある。

【0029】A. 2 シンボル列埋め込みの手法

A. 2. 1 シンボル埋め込み手法

シンボルとは、情報を表現する一塊で、例えばアルファベットの1文字、または2進の1bit等が考えられる。本願では、シンボルを埋め込む方法として次の2つに分類される手法を提案する。

【0030】・座標値変更による埋め込み法：多面体モデルの頂点座標を変更する。情報は、頂点座標そのもの、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積や、それぞれの比や複比、あるいは3角形を定義する2つの無次元量等を変えて埋め込む。

・位相変更による埋め込み法：頂点の連結関係を定める位相を変えることにより、情報を埋め込む。多角形メッシュを生成し (曲面を基にする場合)、又は切り直し (多面体モデルを基にする場合)、頂点の数と座標及び位相を変更して情報を生め込む場合も含む。

【0031】A. 2. 1. 1 座標値変更によるシンボル埋め込み法

3次元形状モデルの数値パラメータである、座標値だけを変えることにより発生する種々の量の変化の中に埋め込む。頂点の数やその連結関係は変更しない。埋め込みの対象となり、かつ座標を変更することで影響をうける、数値パラメータの基本量はいくつかある。本願で使用する基本量を以下に列挙する。

・基本量

- 点の座標値。
- 直線の長さ。
- 多角形の面積。
- 多面体の体積。

また、基本量を組み合わせて作られる量として、以下を使用する。

・以下の変換すべてで変わる量

- 点の座標
- ・平行移動と回転に不変な量
- 直線の長さ
- 多角形の面積
- 多面体の体積
- Delaunay条件の合否

(7)

11

- ・平行移動、回転、および一様スケーリングに不変な量
- 相似な3角形を定める2つの無次元量(例:底辺の2角)
- 2つの多角形の面積の比
- ・アファイン変換に不変
- 同一直線状の長さの比
- 平行な2つの平面上の多角形の面積の比
- 4面体の体積の比
- ・射影変換不変量
- 直線上の4点の複比(cross-ratio)

ここで、相似変換とは、回転、平行移動、スケーリングの各変換の組み合わせを言う。基本量は相似変換、アファイン変換、射影変換の全てによって変化する。アファイン変換は相似変換を含み、射影変換はアファイン変換を含む。従って、上記の4つの大項目の変換のうち下にあるほどより一般的な変換である。デラウネイ(Delaunay)条件の可否とは、メッシュの各3角形がデラウネイ条件を満たすか否かを2つのアルファベットに対応させる方法である。

【0032】・変換不変性と埋め込みの堅ろう性:ある種の変換に対して不変な量を使って埋め込めば、その種の変換による攪乱に対して堅牢になる。ある種の変換に対する堅ろう性を高めるには、もう一つ、加えられた変換 T を正しく推定して頂点座標値に逆変換 T^{-1} をかけてから情報を抽出する方法もある。例えば、現実的に3次元形状モデルを利用する際にはアファイン変換を掛けることが多い。アファイン変換に対して堅牢な埋め込みをするには、次のようにすればよい。

- (1) 4面体の体積の比を用いる。
 - (2) 何らかの方法で掛けられた変換を推定し、逆変換をかけて変換の影響を消してから情報を抽出する。
- これら2つのやり方については後に述べる情報埋め込みの具体的手法の中で説明する。

【0033】・シンボルの埋め込み法:上記の量にシンボルを埋め込むには、ある量の中で使用目的から見て冗長な部分を変更して埋め込む。最も単純には、例えば、モデルの見かけに影響を与えないような、量の最下位bitいくつかを埋め込みたいシンボルの値に書き換える。勿論、一般には、埋め込みたい情報の全体が1シンボルに入ることは少ないから、複数のシンボルをまとめて順序を付けたシンボル列を作って情報を埋め込む。シンボルの順序付けの手法については後に述べる。

【0034】・頂点移動によるシンボル埋め込みの堅ろう化:最下位bitを使ったこのシンボル埋め込み法は実装が簡単であるが、頂点座標への乱数値の重畳という単純で有効な破壊法に対して堅牢でない。最下位bitへの埋め込みを用いると、重畳する乱数値の大きさが最下位bitと同程度以上になると情報が破壊される。情報埋め込み処理の入力が連結性のある3角形メッシュで張られた面であったり、または曲面で定義されていたりす

12

る場合には、乱数値の重畳による破壊法に対して堅ろう性を高める手法がある。堅ろう性を高めるには、各頂点の近傍の面の曲率を知り、頂点の位置で曲率の最も小さな方向に頂点をずらすようにする。こうすれば、頂点座標を比較的大きく移動してもモデルの外観に与える影響は小さく抑えることが可能である。各頂点の近傍での曲率は、入力が曲面で定義されている場合には正確に計算できるし、入力が多角形メッシュで定義された面の場合でも近似的に推定することが出来る。

10 【0035】なお、頂点座標のみの変更による埋め込み法は、シンボルの順序付けに頂点の連結関係を使わない場合には、位相情報のみを変更する攪乱に耐える。例えば、頂点を共有するindexed face setから独立の3角形の集合に変換しても、座標値が変化しない限りは埋め込み情報が保存される。

【0036】A. 2. 1. 2 位相変更によるシンボル埋め込み法

3次元形状モデルの位相変更による埋め込み法では、頂点の連結関係を変えることにより情報を埋め込む。

20 【0037】・4角形分割法:図2に4角形を2つの3角形に分割する2つの場合にシンボルを対応させて情報を埋め込む方法を示す。図2(a)の4角形を2つの3角形に分割する方法として図2(b),(c)の2通りがある。これらを異なる2つのシンボルに対応させることにより2値の埋め込みが可能になる。図2では、1つの多角形メッシュを複数の多角形のメッシュに分割する場合に可能なくつの場合にアルファベットを対応させる。例えば、1つの4角形メッシュを2つの3角形メッシュに分割する場合に可能な2つの場合に2つのアルファベット(例えば2進法の{1,0})を対応させる(図2および図3(a))。この方法では、シンボルを埋め込む操作自体は、頂点数を変えず、頂点座標値も変えない。ただし、情報埋め込み処理の一環として、位相変更によるシンボル埋め込みの前に、入力の多面体モデルを再メッシングしたり(例えばメッシュを細かくして埋め込める情報量を増やす)した後に埋め込む場合は考えられる。また、曲面を入力とする場合には当然、あらかじめメッシングが必要である。

40 【0038】・メッシュ細度変更法:図3にメッシュにシンボル列を埋め込んだ例を示す。図3(a)は4角形を2つの3角形に分割する2つの場合を使ったシンボル埋め込み例である。図3(b)はメッシュの細度を変えてシンボル列を埋め込んだ例である。図3ではメッシュの細かさを局所的に変え、情報を埋め込む。多面体モデルを入力とする場合には、必要ならば頂点を追加してメッシュの細かさを変える。曲面モデルを入力とする場合には曲面をメッシュ分割する際、メッシュ細度を変えて情報を埋め込む。情報のエンコーディングには、2つ以上のメッシュ細度を設定し、それをアルファベットに対応させればよい。その他、4角形メッシュを幾つに分割(メッ

(8)

13

シュの細度変更) するまで2つのシンボルを埋め込む方法がある。

【0039】A. 2. 2 プリミティブ間の順序付け
実用的な量の情報を埋め込むためには、埋め込みのためのプリミティブの集合を考え、その要素間で順序付けをし、順序の付いたプリミティブの集合全体で情報(データ)をエンコードする事が重要である。上記のように一度順序が付いた埋め込みプリミティブの集合に情報を埋め込む手法はシンボル列埋め込みとパターン埋め込みの2種類に分類出来る。シンボル列埋め込みでは、英文アルファベット1文字や2進数の各桁の数字(1と0)などのシンボルを各埋め込みプリミティブに対応させ、全体として順序のついた記号列を埋め込む。プリミティブの配置の多くは1次元順序であるが、2次元以上の順序もありえる。パターン埋め込みは、可視化すると人が視覚的に認識できるパターンを、多くは2次元順序を付けた埋め込みプリミティブ集合に埋め込む。順序をつけるには、(1)開始プリミティブを決め、(2)開始プリミティブから始めてそれ以外のプリミティブの間で順序を決める必要がある。プリミティブの順序付けの手法は、順序の導入法で位相的順序付けと量的順序付けの2つに分類できる。また、大きく分けて順序の局所性で大域的順序付けと局所的順序付けの2つに分類できる。

【0040】A. 2. 2. 1 順序の導入法
点や3角形等のプリミティブの集合に順序を導入するには以下の2つの方法が考えられる。

・位相的順序付け(Topological ordering) : この方法では、3角形多面体モデルを入力とし、頂点集合、あるいはそれから派生する3角形や4面体の連結性を用いて、3角形や4面体などのシンボル埋め込み単位を順序付けする。例えば、向き付け可能(orientable)な多様体の頂点の集合は、ある頂点を始点とする、1意に定まる展開木(spanning tree)で覆うことが出来る。この展開木を適当な手順でトラバース(例えば、深さ優先のトラバース)することにより頂点集合に順序を導入できる。

【0041】位相的順序付けの大きな弱点は、頂点集合に位相が存在している必要がある点である。たとえば互いに連結関係の無い点や3角形の集合にはそのままでは適用できない。連結性の無い点の集合に適用するには、例えばデラウネイ・トライアングレーション(Delaunay triangulation)を用いて位相を導入する必要がある。

・量的順序付け(Quantitative ordering) : この方法では、直線の長さ、3角形の面積、4面体の体積、あるいはそれぞれの間の比の大きさ等の量自体に注目し、これらの量をソーティングして全順序を付ける。複数の同じ値が存在する場合は値を振って同点を破るか、同点の物を無視して次に大きい(小さい)ものに移るようにすればよい。量的順序付けは位相の存在を必ずしも仮定せず、例えば、互いに独立な3角形の集合(頂点を3角

14

形にまとめるだけの位相は存在するとする)でも、3角形の面積の大小関係で順序を導入することが出来る。勿論、点の集合が与えられ、シンボル埋め込み単位が4面体の場合はデラウネイ・トライアングレーション等により頂点を組み合わせて位相を導入し、4面体の集合を作る必要がある。

【0042】A. 2. 2. 2 順序の局所性

順序付けの手法は、その局所性から、グローバル順序付け、ローカル順序付け、添え字順序付けの3つに分類できる。

・グローバル順序付け : 一つの埋め込み対象に含まれるすべての埋め込みプリミティブを順序付ける。一般に、他の2手法に比べてこの手法の空間利用効率は高いが、順序が壊されやすい弱点がある。

・ローカル順序付け : 一つの埋め込み対象に含まれる埋め込みプリミティブを複数の独立なサブセットに分割し、それぞれのサブセット内で順序を付ける。各サブセットは、埋め込みプリミティブ間の近さ(例えばユークリッド空間的近さ)をもとに作られる。

・添え字順序付け : ローカル順序付けに類似するが、そのサブセットが非常に小さい(例えば数プリミティブ程度)。このサブセットをマクロ埋め込みプリミティブ(macro embedding primitive)と呼ぶ。マクロ埋め込みプリミティブには、情報(データ)をエンコードするシンボルとペアで、そのシンボルの順序を示す添え字も同時に埋め込む。この添え字によりシンボルの集合が順序付けされる。

後者2手法の近傍の測度としては、位相的(例えば3角形メッシュにおける頂点の隣接性)または量的(例えば面積の比の値やユークリッド距離)のいずれを用いてもよい。

【0043】A. 2. 3 堅ろう性向上の手法

本節では埋め込み情報の破壊に対する堅牢性向上に有効な手法を提案する。まず、全体的には、互いに堅ろう性の性格が異なる複数の手法や堅ろう性を高める手法を組み合わせて使用し、互いの欠点を補う事があげられる。この他、以下のような手法がある。

【0044】A. 2. 3. 1 大域の変換に対する堅ろう性向上

大域的な変換(世界座標全体に均等に変換がかかる)に対して堅ろう性を高める手法として、(1)変換に対して不変な量を使う(例えば、アファイン変換を想定する場合アファイン変換に不変な量、例えば2つの4面体の体積比を用いる)、また、(2)変換を推定して逆変換を掛ける、の2つがある。局所変換に対して堅ろう性を高めるには、後で述べる切り取りに対する堅ろう性向上の手法である埋め込みの反復が有効である。

【0045】A. 2. 3. 2 ランダムな攪乱に対する堅ろう性向上

頂点座標を変えて情報を埋め込む方法において、計算誤

15

差、表現誤差、あるいはランダム値の畳重による攪乱に対する堅牢性を高めるには座標を大きく変えればよい。しかし、ただでたためな方向に大きな振幅で座標を振ると、モデル自体が変わってしまう。

【0046】・頂点座標を曲面内に拘束する：曲面モデルを入力とし、埋め込み処理とメッシュ分割処理を同時に行える場合には、頂点座標の移動を元の曲面内に拘束することで、出力される多面体モデルの見かけを殆ど変えずに頂点の移動量を大きく出来る。元々、曲面のメッシュ分割において、どこに頂点を生成するのかは任意性が高い。この任意性をうまく使って情報を埋め込むのである。

・面の最小曲率方向に頂点を移動する：座標を振る振幅を大きく取り、かつモデルの見かけを変えないためには、注目する頂点の接平面を考え、その接平面内でかつ曲率の小さな方向に頂点を移動することが有効である。曲率の小さな位置や向きを求めるには、情報埋め込みの入力が曲面を含むモデルで指定され、曲面から多面体への変換と情報の埋め込みが、情報埋め込み処理の一環として同時に行われる方が有利である。もし入力が多面体モデルの場合は、その頂点の近傍の頂点を幾つか見て、与えられた頂点の近傍での曲率を推定する。

・法線ベクタを変えないように頂点を動かす：（頂点座標を動かす手法に適用）多面体モデルでは、モデルに頂点法線ベクタを付けてスムーズシェーディング処理を行い、多面体で近似した本来曲面である部分をあたかも曲面であるかのように滑らかに表示しようとする。この場合、スムーズシェーディング後のモデルの見かけは、頂点座標の位置だけでなく（時にはそれ以上に）、頂点法線ベクタに依存する。従って元の曲面に近く見えるように頂点法線ベクタがついていれば、見かけを殆ど変えずに大きな振幅で頂点座標を動かすことができる。

【0047】これらの3つの手法を組み合わせると、埋め込み情報を消す目的の攪乱（例えば乱数値の畳重）の結果得られるモデルの品質低下がより大きくなる。特に、曲面を元にしてメッシュを生成し上の手法群を適用する場合は、より強い盗用の牽制につながる。これは、盗用する側では元になった曲面の情報が使用でき無いため、モデルの品質低下を招かないような規則性のある攪乱（例えば面の曲率最小の方向に攪乱を集中する）を加えて情報を破壊することは極めて困難な為である。情報埋め込み処理プログラムの入力が曲面であるとして、これら3つの手法を組み合わせた場合の埋め込みの手順は以下になる。従来、一般に、曲面を頂点法線ベクタ付きの多面体モデルに変換するためには、まずメッシュに分割し、各頂点の法線を計算する。本発明では情報埋め込みを行う場合に、この手順を以下のように変更する。

(1) メッシュに分割する。

(2) 情報埋め込みのために頂点座標を変更する。この

(9)

16

時、

一 頂点が元の曲面（これは入力からわかる）に乗るように拘束する。

一 動かす方向は曲率最小の方向にする。

(3) 変更後の各頂点の座標で、元の曲面の情報を使って頂点法線ベクタを計算する。

こうすると、頂点の位置が曲面上でかなり大きく変化しても、その新たな位置に対応した正しい頂点法線ベクタが計算され、生成される多面体モデルに付与される。

この手法を用いると、情報を埋め込まれたモデルのスムーズシェーディング後の見かけは情報埋め込みの無い場合と殆ど変わらない。

【0048】A. 2. 3. 3 切り取りや局所変形に対する堅ろう性向上

・埋め込みの反復：（全般的に適用）一つのモデル内で複数の個所に繰り返して埋め込みをすることにより、部分的な変形、切り取り、等の攪乱に対する堅牢性が高まる。情報の生き残るようにするには空間的な局所性を持つ局所的順序付けを用いる。こうすると、あるモデル内の一つの物体が複数に分解される、あるいは頂点が複数取り除かれる、等しても情報が生き残る可能性が大きくなる。

【0049】A. 2. 3. 4 情報解読に対する堅ろう性向上

・埋め込もうとする情報の暗号化：（シンボル列埋め込み法に適用）情報埋め込みの目的が、3次元形状モデルの中に第3者に知られたくない秘密の情報を埋め込むことである場合には、シンボル列に埋め込む情報そのものをあらかじめ暗号化して置く事も考えられる。こうすれば情報の破壊は出来ても不正な読み出しは出来ない。シンボル列を埋め込む際にシンボル列の順序をM系列等の疑似乱数系列を用いて攪乱し統計的性質を消す方法も、ここに分類されるものとする。

【0050】A. 3 パターン埋め込みの手法

次に、主に可視な埋め込みを行うため、シンボル列ではなく、パターンをそのままメッシュに埋め込む手法をいくつか述べる。

A. 3. 1 位相と座標値を変える手法

シンボル列ではなく、パターンをそのままメッシュに埋め込むことも出来る。ただしこの手法はメッシュがある程度複雑でなければならない。従って、ある程度密なメッシュを得るために、多面体モデルが入力ならばメッシュの切り直し、曲面モデルが入力ならば密なメッシュの生成が必要な場合もある。この種類の方法にとって最も都合が良いのは、入力が曲面モデルで、ある程度自由にメッシュを生成できる場合である。

・デラウネイ条件法：あるメッシュがデラウネイ条件を満たすかいないかにパターンを埋め込む。

・多角形分割法：1つの多角形メッシュを複数の多角形のメッシュに分割する場合に可能ないくつかの場合に画

(10)

17

像パターンを埋め込む。例えば、4角形を3角形に分割する際の2種類の場合をインクの白・黒と違って2値画像を埋め込むことが出来る。図4(a)の例はこの4角形の分割の場合である。図4(c)は埋め込んだパターンを見易くした場合。

・メッシュ細度変更法：メッシュの細さを局所的に変え、可視パターン情報を埋め込む。多面体モデルを入力とする場合には、必要ならば頂点を追加してメッシュの細かさを変える。曲面モデルを入力とする場合には曲面をメッシュ分割する際、メッシュ細度を変えて情報を埋め込むと良い。

例えば、2つのメッシュ細度を設定し、それをインクの白・黒と違って2値パターンを可視に埋め込む。図4にメッシュにパターン情報を埋め込む方法の例を示す。図4(a)は4角形を2つの3角形に分割する2つの場合を使って埋め込んだ例である。図4(b)はメッシュの細度を変えて埋め込んだ例である。図4(c)は線画パターンにそってメッシュを切ること、パターンを埋め込んだ例である。図4(d), (e), (f)では、パターンを見易くするために4角形に影を付けたり線画上のエッジを太く描いている。図4(d)は図4(a)のパターンを見易くするため影を付けたものである。図4(b)では4角メッシュの分割を例にしたが、任意の多角形メッシュについて、分割細度を使って2値もしくは多値のパターンを埋め込むことが出来る。

・パターンカッティング法：パターンを線画として用い、その線をtrim(トリム)カーブのように使って多角形を切ることにより新たなメッシュを作ってパターンを埋め込む。(図4(c)及びトリムカーブを太くして見易くした図4(f)を参照)

【0051】上記のパターン埋め込み法は、埋め込みの結果をモデルそのものの上に可視となることがある。不可視な埋め込みを目的とする場合にはこの特徴は欠点であるが、逆に積極的に利用して、可視な情報埋め込みを実現できる。例えば、埋め込む情報を可視なパターン情報(例えばアルファベット文字の形状)とし、文字の部分だけメッシュの細度を変更する。このメッシュをワイヤフレーム表示すると、注意深く見ればパターンを直接見ることも出来る。しかし現実には、図4(a)の例でも同様に、モデルが複雑になり(例えば曲面)、あるいはエンコーディングに少し工夫をするとパターンは実質的に不可視になる。またデラウネイ条件の可否による埋め込みの場合はメッシュの変更が小さく、直接ワイ *

```
#VRML V1.0 ascii
# Creator: RSW (IBM Japan Ltd.) (C) 1996
Separator {
  Info {
    string "/afs/trl.ibm.com/home/ohbuchi/rsw2/lightmove/c0.0.wrl"
  }
  LightModel {
```

50

18

* ヤフレームで違いを見ることはほぼ不可能である。これらの場合には「あぶり出し」に相当するような簡単なパターンの可視化処理が必要になる。

・堅ろう性についてのコメント：後で実装例とその実験で示すが、このようなメッシュ分割による可視な埋め込みは、メッシュの単純化にもある程度の堅ろう性を持つ。

【0052】B. 実施例

上記「A. 埋め込み手法」において情報埋め込み手法を複数述べた。これらの手法は互いに独立に用いてもよいが、組み合わせて初めて一つの具体的手法としてもよい。例えば、頂点座標にシンボルを埋め込む方法と、シンボル間で順序を付ける方法を組み合わせて初めて具体的なシンボル列埋め込みアルゴリズムが作られる。また、頂点座標に埋め込む手法を位相のみに埋め込む手法(頂点の増減や頂点座標の変更なし)と組み合わせれば双方の堅ろう性を兼ね備えた新たな手法を作ることが出来る。以下、いくつかの具体的な実施例を示す。

B. 1 外部表現への埋め込み

B. 1. 1 シンボル列埋め込み

B. 1. 1 ファイル内の3角形頂点順序への埋め込み法

<特徴>頂点共有型の3角形ファイルで見られる、連結関係を持つ3頂点で3角形を指定するフォーマットに存在する頂点指定の冗長性に注目して情報を埋め込む。頂点A、B、Cが3角形を決める場合、3種類の頂点出現の順序は(裏表の区別も含めて)同じ3角形を指定する；つまり、(A, B, C)、(B, C, A)、(C, A, B)の3つの3角形は等しい。この冗長性に情報を埋め込む。非常に単純な手法で実装も簡単だが、破壊も容易である。

<入力>位相を持つ3角形メッシュデータ { $T_{i,j,k}$, { P_i }}

<手法>シンボル列埋め込み。

シンボル埋め込みの単位：外部(ファイル)形式で指定される3角形

順序付けの手法：ファイル内における、3角形を指定する頂点インデックス3つ組みの出現順序。

<実装例>外部表現(ファイルフォーマット)において、ある3角形の頂点インデックスの存在する行で、巡回的に頂点インデックスをシフトする。以下は形状モデルの一部を切り出した物である。

【0053】

(11)

19

20

```

    model BASE_COLOR
  }
  MaterialBinding {
    value PER_VERTEX_INDEXED
  }
  ShapeHints {
    vertexOrdering COUNTERCLOCKWISE
    shapeType SOLID
    faceType CONVEX
  }
Separator {
  Material {
    ambientColor 0.000000 0.000000 0.000000
    diffuseColor 1.000000 1.000000 1.000000
    specularColor 0.000000 0.000000 0.000000
    transparency 0
    shininess 1.0
  }
  NormalBinding {
    value OVERALL
  }
  Coordinate3 {
    point [
      1.461539 1.500000 -5.121172,
      1.505732 1.500000 -4.824445,
      0.516642 1.500000 -4.677134,
      0.472448 1.500000 -4.973861,
      0.989090 1.500000 -4.899153,
      1.011187 1.500000 -4.750789,
      0.966994 1.500000 -5.047516,
      1.247411 1.500000 -4.861799,
      1.225314 1.500000 -5.010162,
      0.752866 1.500000 -4.788143,
      0.730769 1.500000 -4.936507,
      0.763914 1.500000 -4.713962,
      1.258460 1.500000 -4.787617,
      1.214266 1.500000 -5.084344,
      0.719721 1.500000 -5.010689,
    ]
  }
  Material {
    ambientColor ~
    specularColor ~
    shininess ~
    transparency ~
    diffuseColor [
      1.000000 1.000000 1.000000,
      1.000000 1.000000 1.000000,
      1.000000 1.000000 1.000000,
      1.000000 1.000000 1.000000,
    ]
  }

```

22

30

順序付け法：埋め込みの基本単位を複数まとめ、これにインデックスをシンボルと同時に埋め込む事による局所的順序付け。埋め込み対象の組を作るには、例えば4つの3角形の位相的隣接関係（局所的順序付け）を使用。＜実装例＞相似な3角形の集合を特徴づける2つの無次元量の組、例えば $\{b/a, c/a\}$ 、 $\{S/(a*a), b/c\}$ 、 $\{t_1, t_2\}$ 等を微量量振り、シンボルを埋め込む。3角形と辺を共有する3つの3角形、 t_1 、 t_2 、 t_3 、を取り出す。 t にはデータを取り出した事を示すマークをいれる。 t_1 、 t_2 、 t_3 にはシンボルと、順序を示すindexをいれる。

40

【0056】図5に、3三角形の2つの無次元量を利用して情報を埋め込む例を示す。図5(a)において、相似な3三角形の集合を特徴づける2つの無次元量の組には、 $\{b/a, c/a\}$ 、 $\{S/(a*a), b/c\}$ 、 $\{t1, t2\}$ 等がある。これを元に図5(b)に示すように、3三角形を4つ組みにしてマクロな単位として扱い、2つのデータ、インデックスとマークを埋め込む。

50

＜応用＞上記の埋め込み方法は、元の曲面の知識に基づ

50

＜応用＞上記の埋め込み方法は、元の曲面の知識に基づ

埋め込み単位：相似な3角形の集合を特徴づける2つの

(13)

23

いて頂点移動方向を選択し、見かけを変えずに頂点移動量を大きくすることによって、頂点のランダムな攪乱に対する堅ろう性を高める手法（A. 3 パターン埋め込みの手法、を参照）を適用できる。

【0057】図6に曲面モデルに情報を埋め込む手法の例を示す。図6では曲面モデル（ここでは球）を入力とし、相似三角形の4つ組みを単位として情報を埋め込む手法である。図6(a)は、球の曲面モデルを元に、埋め込みをせずに3角形分割したメッシュを示し、図6(b)は情報埋め込みを行って3角形分割したメッシュを示す。頂点の移動をあらかじめ与えられた曲面上に制限すると、大きく移動しても（図6(b)）見かけの変化は小さい。特に、元の曲面から法線ベクタを計算して与えれば、スムーズシェーディングした場合の見かけ上の差は殆ど無い（図6(c)と(d)を比較）。ここで、図6(b)のメッシュは、見かけを変えずに頂点移動量を大きくするために、元の曲面の知識を使って頂点移動を曲面内に制限している。このため、図6(b)で見られるような大きな頂点移動を行っても、移動後の頂点の位置で元の曲面から計算した法線ベクタを使ってスムーズシェーディングを行えば、レンダリング結果に外観上の差は殆ど無い。図6(c)は図6(a)のスムーズシェーディングの結果を示し、図6(d)は図6(b)のスムーズシェーディングの結果を示している。図6(c)と図6(d)を比較してわかるようにレンダリング結果に外観上の差は殆ど無い。図6(b)のモデルにランダム値を重畳して情報破壊を行おうとするとモデルの形状も明らかに変化し、モデルの価値が損なわれるため、盗用の意味が大きく薄れる。より高度の破壊方法として、盗用者が、手に入れた3角形メッシュから元の曲面を推定して曲面に沿う方向にランダムな頂点移動を加えてもよい。盗用者は元の曲面の情報を使うことが出来ないで曲面の推定が正確にはゆかず、やはりモデル形状の劣化につながるため、モデルの価値を損なわずに情報を破壊するのは困難である。ここで使用した堅ろう化法は相似3角形による埋め込みに適用したため相似変換には堅牢である。さらに、この堅ろう化法をアファイン変換不変な4面体の体積比による埋め込みに適用すれば、アファイン変換かつランダムな頂点座標の攪乱に堅牢な埋め込み法となる。

＜堅牢性＞相似変換（平行移動、回転、スケーリング）に耐える。局所順序を用いているので、モデルの一部を削っても、位相構造を部分的に変えても、情報が残ることが期待出来、残った情報は取り出せる。埋め込みの反復、元の曲面の知識に基づいた頂点移動方向の選択、等によりさらに堅ろう性が高まる。

【0058】B. 2. 1. 2 3角形の頂点座標への埋め込み

＜特徴＞頂点の順序を位相データから決めるので、ストリングデータ（文字データ）のように、順序を持ったデータの埋め込みにおいて、インデックス情報を埋め込む

24

必要がない。反面、「B. 2. 1. 4 頂点の集合への埋め込み」で述べた方法より堅牢でない。

＜入力＞3角形メッシュデータ $\{T_{i,j,k}, \{P_i\}\}$

＜手法＞シンボル列埋め込み。

埋め込み対象：頂点座標そのもの。

順序付け法：任意の開始頂点をきめ、位相データ（頂点間の接続情報）を用いて

シンボル間の順序を決める。＜実装例＞

1. 頂点のソートは開始頂点と頂点を含む辺をたどる方向を決めれば可能なので、特定の開始頂点で得られた頂点列の始めの数個に、順次、マークを付ける。開始頂点は可能なすべての順列を調べ、特定のマークを探す。計算量は $O(n)$ である。

2. 開始三角形を元にして展開木（またはそのサブセット）を求める。頂点の近傍が平面と同相（2-多様体）であれば、時計周りか反時計周りか、また、深さ優先か幅優先かに応じて、展開木を一意に決めることができる。

3. 展開木で探索された順序によって頂点にインデックスを付ける。

4. その順序で、座標値を微小量ずらし、データを埋め込む。

＜堅牢性＞平行移動、回転、スケーリングに耐える。

【0059】B. 2. 1. 3 4面体の体積比への埋め込み

＜特徴＞アファイン変換不変量である4面体の体積比にシンボルを埋め込む。

＜入力＞3角形メッシュデータ $\{T_{i,j,k}, \{P_i\}\}$

＜手法＞シンボル列埋め込み。

埋め込み対象：メッシュの3角形 t を底面とする2つの4面体の体積の比にシンボルを埋め込む。

順序付け法：マーカー、インデックス、およびシンボルを「マクロな」埋め込み対象に同時に埋め込む事による局所的順序付け。埋め込み対象の組（マクロな埋め込み対象）を作るには4つの4面体の位相的隣接関係（局所的な順序付け）を使用。

＜実装例＞

1. 同一平面上に無く、かつ一边を共有する3角形 t_a, t_b を選ぶ。

2. t_a, t_b 、と辺を共有する4つの3角形、 t_1, t_2, t_3, t_4 を取り出す。

3. t_a, t_b との重心 G を求める。

4. 基準体積 $V_0 = V_0 = (V_{t1} + V_{t2}) / 2$ とする。

（これは他にも幾つも考えられる。例えば V_0 はこの2. 2倍でも良い。）ここで V_{ti} は重心 G と3角形 t_i が作る4面体の体積である。

5. V_0 と、 t_1, t_2, t_3, t_4 の各3角形を底面とする4つの4面体の体積比 $r_i = V_{ti} / V_0$ を振ることによって4つの4面体にデータを格納する。体積比を振るには、 t_i のそれぞれについて、 t_a, t_b と共有しない t_j の頂

(14)

25

点をずらす。4つの体積比、 r_1, r_2, r_3, r_4 には、それぞれ、マクロな埋め込み対象を示すマーク、シンボルを2つ、およびインデックスを格納する。

*

26

*【0060】本アルゴリズムを実装し、実際に情報を埋め込んだ。埋め込んだ情報は以下の通りである。

Copyright (C) by IBM Japan, Ltd. 1996.

Model No. 124532.

IBM Japan, Ltd. has been authorized to freely distribute these Datasets. They are provided for unlimited use in existing or modified form. The actual Dataset (ie, geometry) may not, h

10

【0061】このモデルは1025個の3角形からなり、本アルゴリズムを使うと1文字8bitの文字を238文字埋め込むことが出来た。図7にVRML 1.0フォーマットのモデルへの4面体体積比を使った情報埋め込みの例を示す。図7(a)がオリジナルのモデルをワイアフレームで表示した図である。図7(b)、(c)、(d)に示すものは、それぞれ回転、ずれ、スケーリングを含んだ変換をオリジナルのモデルに施したものである。オリジナルのモデルに対して回転、ずれ変形、スケーリングを含んだ一般のアファイン変換Tを3回掛け、形状をかなり変形したが情報は問題無く保存されている。

【0062】＜堅牢性＞平行移動、回転、スケーリングに耐える。アファイン変換に耐える。モデルの一部を削っても、残った情報は取り出せる。位相構造を変えても、ある確率で情報は生き残る。埋め込みの反復、元の曲面の知識に基づいた頂点移動方向の選択(A.2.3.堅ろう性向上の手法を参照)、等によりさらに堅ろう性が高まる。

B.2.1.4 頂点の集合への埋め込み

＜特徴＞入力モデルの頂点の間の位相情報を仮定しない。従って、点、線、多面体(多面体間の位相無し)、及び連結性のある多面体が集まった、いわゆるpolygon soupに対して適用できる。

＜入力＞3次元の頂点P(x, y, z)の集合 $\Lambda = \{P_i\}$

＜手法＞シンボル列埋め込み。

埋め込み単位：頂点座標。

順序付け法：座標値(x, y, z)の3つ組みにインデックスとデータを入れる。

埋め込みは以下の手順で行う。 Λ_1 に属する点集合は埋め込みによる変更を加えず、後に加えられた相似変換を推定する目的に使用する。データは Λ_2 の要素の頂点に埋め込む。

1. 頂点の集合を座標系に依存しない方法で、次の関係を満たす Λ_1 と Λ_2 の二つに分割する。

・ $\Lambda = \Lambda_1 \cup \Lambda_2$

・ $\Lambda_1 \cap \Lambda_2 = \Phi$

2. 点集合 Λ_1 から、座標系に依存しない次の量を算出する。

・固定点O(x0, y0, z0)

・独立な3つの直交ベクトル V_x, V_y, V_z

3. Λ の要素をO(x0, y0, z0)と、 V_x, V_y, V_z で決まる座標系に変換する。

4. Λ_2 の各頂点において、その座標値を微少量振ることによってシンボルを格納する。

【0063】抽出は、相似変換を仮定し、 Λ_1 に属する頂点集合から加えられた変換を推定し、加えられた変換の逆変換を頂点集合の全体にかけてから Λ_2 の各頂点から情報を取り出す。

＜実装例＞

1. 凸包(Convex hull) 算出アルゴリズムを用いて3次元の凸包を求め、凸包上の頂点 Λ_1 (これらの頂点には埋め込みをしない)とそれ以外(凸包の中)の頂点 Λ_2 (これらの頂点は位置を振って情報を埋め込む)に分ける。凸包は相似変換やアファイン変換によって変わらない。

2. Λ_1 の重心を固定点O(x0, y0, z0)とする。また、 Λ_1 の共分散マトリックスを用いて三つの直交ベクトル、 V_x, V_y, V_z を求める。

ここで共分散マトリックスCはの要素 C_{jk} は以下で算出できる。

【数1】

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P^i$$

$$\bar{P}^i = P^i - \mu$$

$$C_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{P}_j^i \bar{P}_k^i, \quad 1 \leq j, k \leq 3$$

ここではnは Λ_1 の頂点の個数である。この固有ベクトルは座標系に依存しない直交する3ベクトルとなる。3ベクトルは、 Λ_1 の頂点のうち重心から最も遠い頂点までの距離で区別する。

3. 算出された重心と固有ベクトルを用いて Λ を座標変換する。

4. 固有ベクトルの値があるトレランス内に収束するまで、2、3を繰り返す。

(15)

27

5 Δ_2 の各頂点P(x, y, z)に対して、x, y, zの値を微小量ずらし、その量に情報を入れる。ここでは、例えばインデックスとデータの両方を(x, y, z)に入れる。

<堅牢性>平行移動、回転、スケーリングに耐える。位相(頂点間の接続)情報の変更にも耐える。

【0064】B. 2. 2 パターン埋め込み

B. 2. 2. 1 メッシュのデラウネイ性合否への埋め込み

<特徴>曲面モデルを入力とし、メッシュに切った多面体モデルに変換する過程で、情報によってメッシュ分割の結果の3角形がDelaunay条件を満たす/満たさないの変化を付ける。例えば著作権者のイニシャル等を、ある程度可視に埋め込める。埋め込める情報量は少ない。Delaunay条件の合否による埋め込みはシンボル列埋め込みにも使用できる。

<入力>曲面を含むモデル。

<手法>パターン埋め込み。まず、該当する曲面を均等な、デラウネイ条件を満たすメッシュに切る。次いで、埋め込みたい可視な透かしのパターンに該当する部分でメッシュがデラウネイ条件を満たさないようにメッシュを変更する。デラウネイ条件とは、3角形の3つの頂点が一つの円弧の上に乗っている条件である。例えば、図8(a), (b)とも同一の4点であるが、位相の付け方により円弧に乗る、すなわちデラウネイ条件を満たす3角形は異なる。平面に埋め込むとポリゴン単純化処理で消されやすいので、出来れば曲面を入力とし、曲面を近似する多面体の部分に埋め込むほうがよい。

【0065】図8にデラウネイ条件を満たす3角形を示す。図8(a)では(a, b, c)が、図8(b)では(a, b, d)がデラウネイ条件を満たしている。

<実装例>デラウネイ条件の合否による埋め込みを実装した。図9にデラウネイ条件合否によるパターン埋め込みの例を示す。入力曲面の定義で、出力は3角形メッシュである。図9(a)はパターン埋め込み後のメッシュを示し、図9(b)はそれを「あぶり出し」して視覚化した物を示す。図9では曲面(球面の一部)を入力とし、3角形メッシュを生成する際に、デラウネイ条件の合否を使って「IBM」の文字パターンを埋め込んでいる。

<堅牢性>局所変形を含む(変換後のモデルが意味を持つような)殆どすべての幾何変換に耐える。ポリゴン単純化にもある程度耐え、認められるようなパターンが残る。

【0066】B. 2. 2. 2 メッシュ分割細度への埋め込み

<特徴>入力モデルのメッシュを切り直し、その際、情報によってメッシュの細かさを変える。可視な情報、例えば著作権者のイニシャル等を、埋め込める。埋め込める情報量は少ない。

<入力>3角形多面体のみ(位相情報付き)、又は曲面を含むモデル。

28

<手法>最も単純には、埋め込みたい可視な透かし(watermark)のパターンにメッシュの細かさを、それ以外の部分に比べて2倍もしくは4倍にする。入力モデルが3角形多面体でなく、曲面であり、埋め込み処理と同時にメッシュを切った3角形分割出来る場合に特に有効である。平面に埋め込むとポリゴン単純化処理で消え易いので、曲面を近似する多面体の部分に埋め込むとよい。

<実装例>メッシュ分割細度を変えて情報を埋め込むアルゴリズムを実装した。入力曲面で、出力は3角形メッシュである。図10に球の一部をなす曲面を入力とし、メッシュ分割細度を1/4に変えてパターンを埋め込んだ例を示す。埋め込み後の3角形は3574個ある。図11(a)は球面の一部を表す曲面を入力とし、曲面のメッシュの細度を変えてパターン「IBM」を埋め込んだ例を示している。この例ではパターン埋め込み部分では、それ以外の部分に比べてメッシュの細度が4倍になっており、全体として3754個の3角形で構成されている。また図11はメッシュ分割細度によるパターンの埋め込みを、メッシュ単純化アルゴリズムAによって破壊してみた例でもある。メッシュ数が単純化前(3574)の半分近くになってもパターンはある程度残っている。図11(a) (b) (c) (d)は、メッシュ単純化操作Aを(a)→(b)→(c)→(d)の順に繰り返して徐々に3角形メッシュを単純化した場合にどの様にパターンが消えてゆかを示したものである。このメッシュ単純化アルゴリズムAは、ある3角形を1つの頂点で置換してメッシュし直すアルゴリズムであるが、置換によって法線ベクタの向きが大きく変わる場合には置換を行わないアルゴリズムである。メッシュの単純化が進み、その数が1/2強程度になってもまだある程度元のパターンが残っていることがわかる。図12(a), (b), (c), (d)は、メッシュ分割細度によるパターンの埋め込みを、もう一つのメッシュ単純化アルゴリズムBによって(a)→(b)→(c)→(d)の順で破壊してみた例を示す。この単純化アルゴリズムBは、ある頂点の近傍で、その周辺の頂点の平均より求めた面とその頂点の距離を調べ、その値が小さい物から頂点を消してゆくアルゴリズムである。この単純化アルゴリズムBを適用した場合でも、ポリゴン数が単純化前(3574)の半分以下(1374)になっても元のパターンがある程度残っていることがわかる。

<堅牢性>局所変形を含む(変換後のモデルが意味を持つような)殆どすべての幾何変換に耐える。ポリゴン単純化にもある程度耐える。

【0067】C. 埋め込みと抽出の全体的フロー

図16及び図17に、上記実施の形態で用いた、種々の異なった特徴を持つ複数の手法の中から、多面体モデルへのシンボル列の埋め込み及びその抽出の全体的流れを説明する。他の手法も概要的には同様の流れで行われる。

【0068】C. 1 埋め込みのフロー

図16に、多面体モデルに情報を埋め込むフローチャー

(16)

29

トを示す。まずステップ200において、埋め込む対象となる多面体モデルを準備する。次にステップ212において、3次元形状モデルを構成するプリミティブの順序付けのための開始プリミティブ探す。

【0069】ここで、開始プリミティブとは（「A. 2.2 シンボル間の順序付け」を参照）、どのプリミティブを1番目として（初期条件として）順序を付けるか、を示すプリミティブである。さらに「どれから、どちらの方向へ」番号を振るか、が初期条件となる場合もありえる。該初期条件も、幾何プリミティブ同様に、予期される変換やその他の妨害に対して不変であることが望ましい。なぜなら抽出時に順序付けができない可能性があるからである。次にステップ213において、プリミティブの集合に順序をつける。

【0070】次に埋め込みのステップに移る。ステップ214でまず、埋込まれる情報をすべて埋め込んだかの判断がなされる。その結果がYESであれば、情報を埋め込んだ多面体モデルをステップ219で出力する。その結果がNOであれば、ステップ215で、プリミティブの順序に従って、i番目のプリミティブを選ぶ。そしてステップ216で、埋め込む情報からi番目のシンボルを取り出す。最後にi番目のプリミティブの幾何パラメータを変更してi番目のシンボルを埋め込む。そして処理はステップ214へ戻る。

【0071】C. 2 抽出のフロー

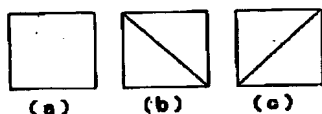
図17に、多面体モデルに埋め込まれた情報を抽出するフローチャートを示す。まずステップ300において、情報（この時点では情報が何であるか不明）が埋め込まれた多面体モデルを準備する。次にステップ312において、プリミティブ順序付けのための開始プリミティブを探す。次にステップ314において、プリミティブの集合に順序をつける。

【0072】次に抽出のステップに移る。ステップ316で、まず埋込まれた情報を、すべて抽出したかの判断がなされる。その結果がYESであれば、抽出した情報をステップ319で出力する。その結果がNOであれば、ステップ317で、プリミティブの順序に従って、i番目のプリミティブを選択する。そしてステップ318で、i番目のプリミティブの幾何パラメータから、i番目のシンボルを抽出する。そして処理はステップ319へ戻る。

【0073】

【発明の効果】本発明により、点、線、多面体の集合で

【図2】



30

表現される3次元形状モデルに、安全に、種々の情報を埋め込むことが可能になる。本願の情報埋め込み法は、例えば、3Dモデルの所有権情報の保護に用いることができる。また埋め込み及び抽出処理プログラムを3次元形状モデリングソフトウェアに組み込み、またその抽出処理プログラムをブラウザと組み合わせて使用することが可能になる。

【0074】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の3次元多面体モデルに対する情報埋め込み操作と情報抽出操作を表す図である。

【図2】4角形を2つの3角形に分割する2つの場合にシンボルを対応させて情報を埋め込む方法を表す図である。

【図3】メッシュにシンボル列を埋め込んだ例を示す図である。

【図4】メッシュにパターン情報を埋め込む方法の例を示す図である。

【図5】3角形の2つの無次元量を利用して情報を埋め込む例を示す図である。

【図6】曲面モデルに情報を埋め込む手法の例を示す図である。

【図7】モデルへの4面体体積比を使った情報埋め込みの例を示す図である。

【図8】デラウネイ条件を満たす3角形を示す図である。

【図9】デラウネイ条件合否によるパターン埋め込みの例を示す図である。

【図10】球の一部をなす曲面にパターンを埋め込んだ例を示す図である。

【図11】メッシュ分割細度によるパターンの埋め込みを破壊した例を示す図である。

【図12】メッシュ分割細度によるパターンの埋め込みを破壊した、もう1つの例を示す図である。

【図13】本発明において使用されるシステムのハードウェア構成例である。

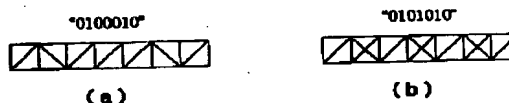
【図14】本発明の情報埋め込みの概要を示す。

【図15】本発明の情報抽出の概要を示す。

【図16】本発明の情報埋め込み方法のフローチャートである。

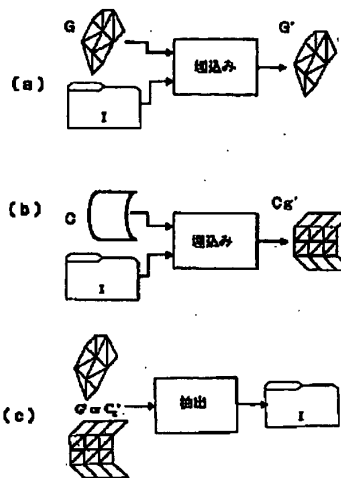
【図17】本発明の情報抽出方法のフローチャートである。

【図3】

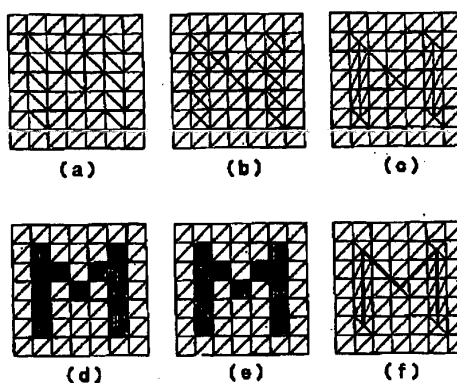


(17)

【図1】

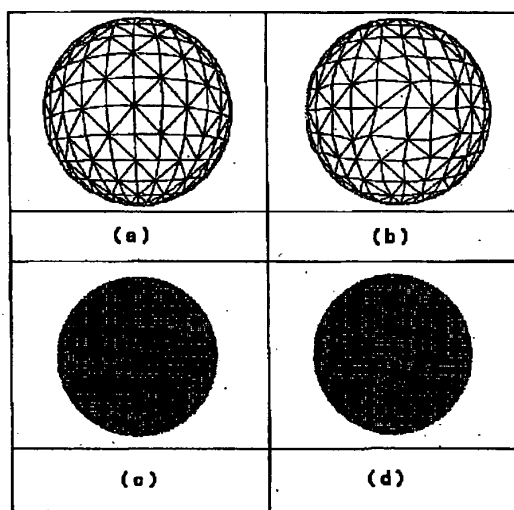
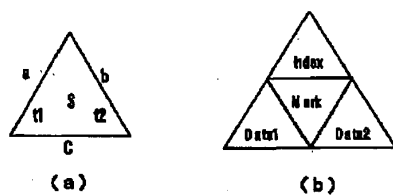


【図4】

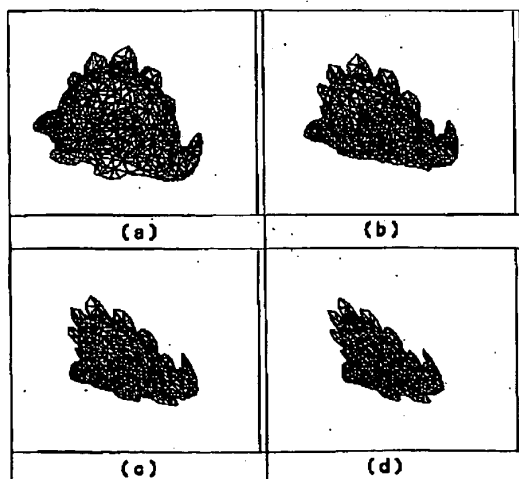


【図6】

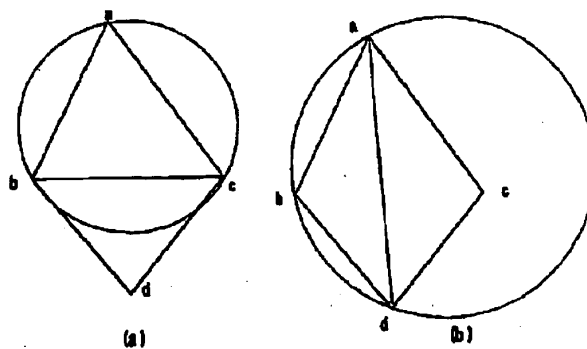
【図5】



【図7】

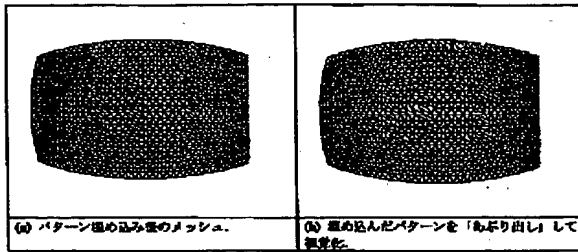


【図8】

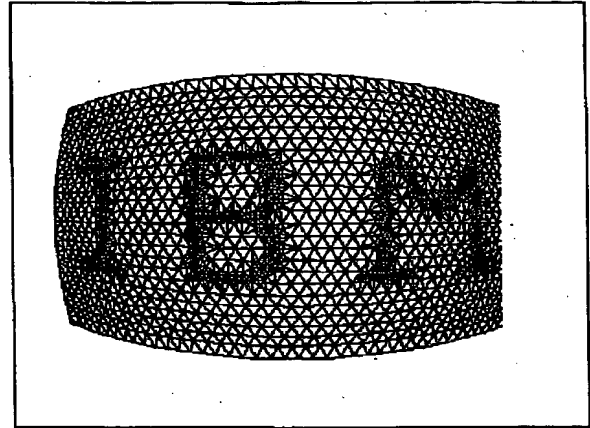


(18)

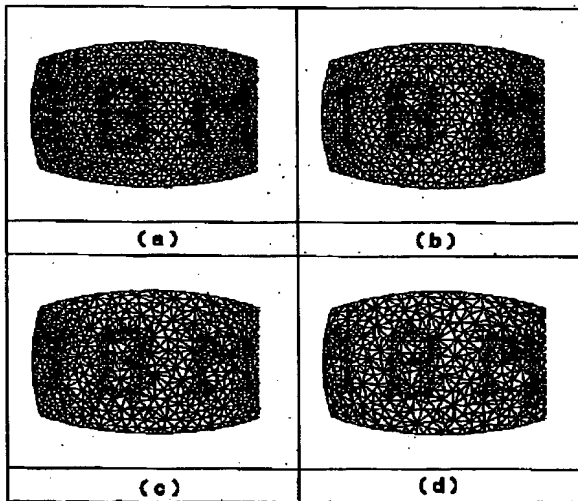
【図9】



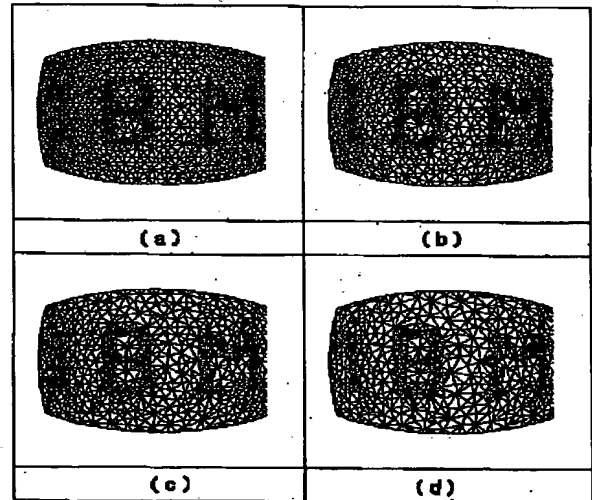
【図10】



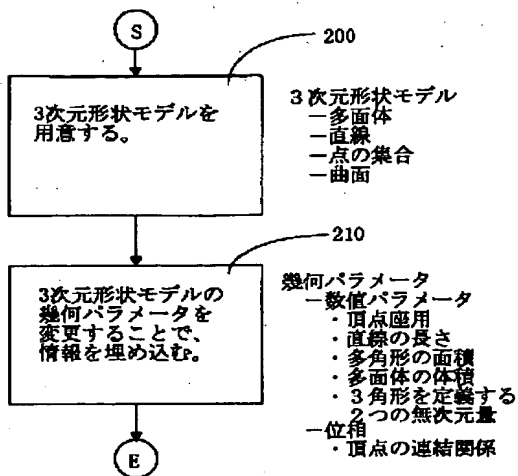
【図11】



【図12】

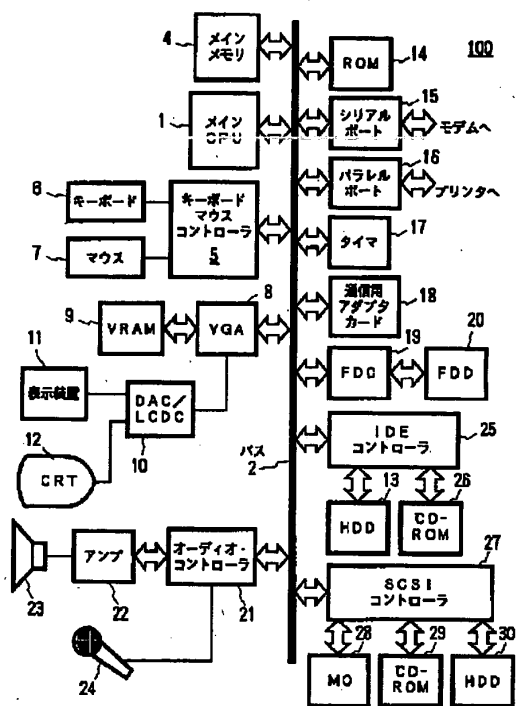


【図14】

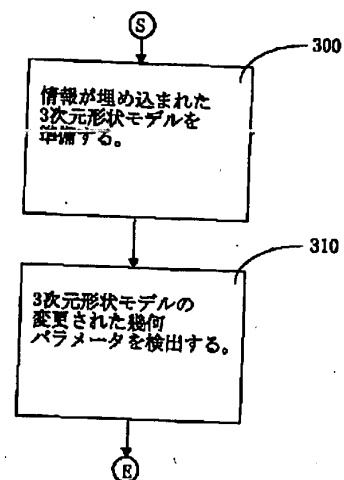


(19)

【図13】

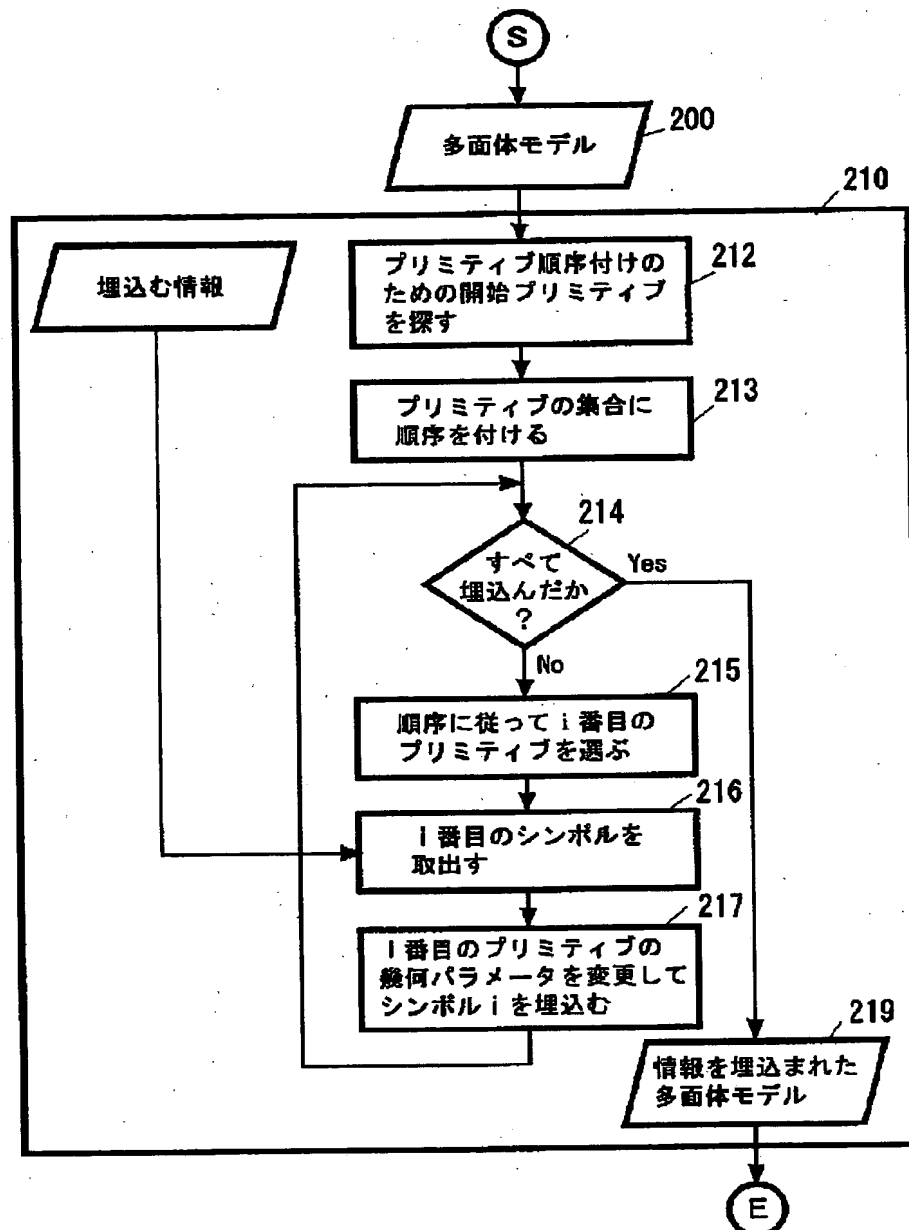


【図15】



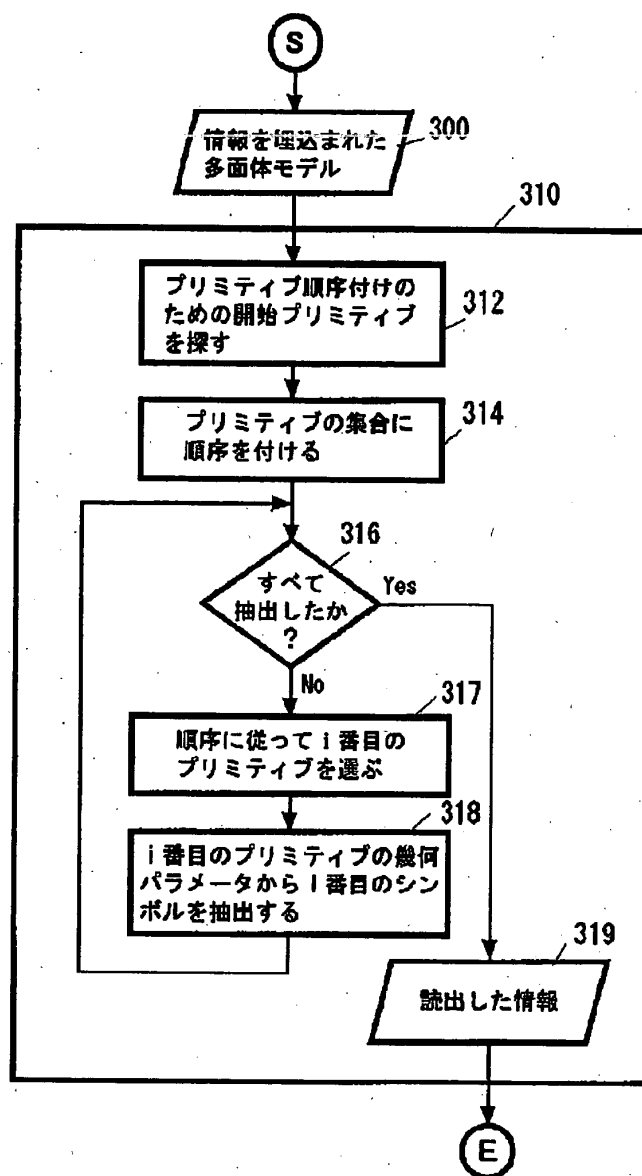
(20)

【図16】



(21)

【図17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

// G 0 6 F 12/14

3 1 0

THIS PAGE BLANK (USPTO)